

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

**НАУКОВА РОБОТА ЗА
ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ
ДИСЕРТАЦІЇ – 1.
ОСНОВИ НАУКОВИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ
КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З КРЕДИТНОГО
МОДУЛЯ**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів,
які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»,
спеціалізацією «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування
обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2019

Наукова робота за темою магістерської дисертації – 1. Основи наукових досліджень. Конспект лекцій кредитного модуля [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С.В. Гулієнко., С.С. Гайдай – Електронні текстові дані (1 файл: 4,37 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 128 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 12.02.2019 р.)
за поданням Вченої ради інженерно-хімічного факультету (протокол № 1 від 28.01.2019 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

НАУКОВА РОБОТА ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ – 1. ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

Укладач: *Гулієнко Сергій Валерійович, канд. техн. наук.*

Гайдай Сергій Сергійович

Відповідальний

редактор

Корнієнко Ярослав Микитович, д-р техн. наук, проф.

Рецензенти:

Сокольський Олександр Леонідович, канд. техн. наук, доц.

В посібнику розглянуто сучасні уявлення про закономірності розвитку науки та сучасний рівень її розвитку; наведено опис методів теоретичних та емпіричних досліджень, в тому числі і специфічні методи, що використовуються в хімічній інженерії, наприклад теорія подібності; наведена загальна схема наукового дослідження та визначено основні його етапи. Також пояснено значення наукової інформації та наукових публікацій, та наведений опис найважливіших ресурсів мережі Internet, в яких зберігаються найбільш важливі наукові дані. Навчальний посібник призначений для магістрів, що навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв», а також буде цікавий для аспірантів, науковців інженерів та всім, хто цікавиться наукою.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ПОНЯТТЯ НАУКИ ТА ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ.....	7
1.2 Визначення науки.....	7
1.2 Мета та задачі науки. Поняття істини.....	7
1.3 Концепції розвитку науки.....	9
1.3.1 Кумулятивістська модель розвитку науки.....	9
1.3.2 Діалектично-матеріалістична модель розвитку науки.....	10
1.3.3 Постпозитивістські теоретичні моделі розвитку науки.....	11
1.3.3.1 Концепція Карла Поппера: проблема зростання наукових знань.....	11
1.3.3.2 Концепція Томаса Куна: історична динаміка наукових знань..	12
1.3.3.3 Концепція Імре Лакатоса: методологія науково-дослідних програм.....	14
1.3.3.4 Концепція Стівена Тулміна: еволюція матриці розуміння.....	15
1.3.3.5 Висновки щодо концепцій розвитку науки.....	16
2. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ НАУКИ.....	17
2.1 Загальний підхід	17
2.2 Протонаука в античності.....	17
2.2.1 Цивілізації стародавнього сходу.....	18
2.2.2 Грецька цивілізація.....	21
2.2.2.1 Іонійський етап.....	21
2.2.2.2 Афінський етап.....	22
2.2.2.3 Александрійський етап.....	22
2.2.3 Римська цивілізація.....	24
2.3 Наукові знання в Середні Віки.....	26
2.3.1 Стан знань в Західній Європі в Ранньому Середньовіччі.....	26
2.3.2 Східні цивілізації Середньовіччя.....	28
2.3.3 Розквіт науки в Арабській Імперії.....	29
2.3.4 Повернення інтересу до знань в Західній Європі в період пізнього середньовіччя.....	32
2.4 Наука в Новий Час. Класична наука.....	37
2.4.1 Наукові програми класичної науки.....	40

2.4.1.1 Картезіанська наукова програма.....	40
2.4.1.2 Атомістична наукова програма.....	42
2.4.1.3 Наукова програма Ньютона.....	44
2.4.1.4 Наукова програма Лейбніца.....	47
2.4.2 Характеристики класичної науки.....	48
2.5 Криза класичної науки. Становлення некласичної науки. Проблеми розвитку постнекласичної науки.....	51
2.5.1 Передумови кризи класично науки і революція в природознавстві на межі ХІХ-ХХ століть.....	51
2.5.2 Становлення некласичної науки.....	55
2.5.3 Проблеми формування постнекласичної науки.....	57
3. НАУКОВА ТЕРМІНОЛОГІЯ. ФОРМИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ.....	61
3.1 Основні терміни та визначення. Форми наукового пізнання.....	61
3.1.1 Проблема.....	61
3.1.2 Факт.....	61
3.1.4 Наукова ідея.....	62
3.1.5 Гіпотеза.....	63
3.1.6 Докази.....	64
3.1.7 Закон.....	65
3.1.8 Теорія.....	65
3.1.9 Концепції.....	67
3.2 Мова науки.....	68
3.2.1 Математика як мова науки.....	71
3.2.2 Особливості комп'ютеризації наукових досліджень.....	72
3.4 Наукова картина світу.....	74
3.5 Класифікація галузей науки.....	76
4 МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	81
4.1 Поняття метода і методологія наукового пізнання.....	81
4.2 Класифікація наукових методів.....	83
4.3 Методи, що застосовуються як на емпіричному, так і теоретичному рівні досліджень.....	86
4.3.1 Абстрагування.....	86
4.3.2 Аналіз і синтез.....	88

4.3.3 Індукція та дедукція.....	89
4.4 Методи емпіричного дослідження.....	90
4.4.1 Спостереження.....	90
4.4.2 Порівняння.....	91
4.4.3 Вимірювання.....	92
4.4.4 Експеримент.....	93
4.4.5 Основні терміни та визначення щодо експериментальних досліджень.....	94
4.4.6 Планування експерименту.....	97
4.5 Методи теоретичного дослідження.....	99
4.5 Методи теоретичного дослідження.....	99
4.5.1 Ідеалізація.....	101
4.5.2 Формалізація.....	101
4.5.3 Уявний експеримент.....	101
4.5.4 Моделювання.....	102
4.5.5 Методи теорії подібності.....	109
4.5.6 Аналіз розмірностей.....	112
5 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	115
5.1 Загальна схема наукового дослідження.....	115
5.2 Аналіз результатів досліджень. Формулювання висновків і пропозицій.....	119
5.3 Наукова інформація.....	120
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	126

ВСТУП

Високий рівень технологічного розвитку та сучасна якість життя в значній мірі обумовлені розвитком науки та відкриттям, зокрема в природничих та технічних науках. З іншого боку, науково-технічний прогрес висуває нові виклики і ставить нові задачі перед суспільством, вирішення яких не можливе без застосування інноваційних технологій.

В таких умовах вирішальна роль належить якості підготовки наукових та інженерних кадрів, які здатні примати своєчасні обґрунтовані технічні рішення. В таких умовах, для сучасних інженерів вадливо бути добре проінформованими про закономірності розвитку науки та володіти методами проведення наукових досліджень, тому в програму підготовки магістрів за спеціальністю 133 «Галузе машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв», включений курс «Наукова робота за темою магістерської дисертації», першим кредитним модулем якого є «Наукова робота за темою магістерської дисертації – 1. Основи наукових досліджень».

Пропонований навчальний посібник забезпечує повний лекційний курс (9 годин) з кредитного модуля, а також 18 годин самостійної роботи.

В посібнику розглянуто сучасні уявлення про закономірності розвитку науки та сучасний рівень її розвитку; наведено опис методів теоретичних та емпіричних досліджень, в тому числі і специфічні методи, що використовуються в хімічній інженерії, наприклад теорія подібності; наведена загальна схема наукового дослідження та визначено основні його етапи. Також пояснено значення наукової інформації та наукових публікацій, та наведений опис найважливіших ресурсів мережі Internet, в яких зберігаються найбільш важливі наукові дані.

Матеріал посібника викладений на основі узагальнення матеріалу викладеного в спеціалізованій навчальній, історичній та філософській літературі [1–39]. Для зручності сприйняття матеріалу посилання в тексті наводяться лише у випадку дослівних цитат.

Підбір матеріалів для посібника здійснив С.С. Гайдай, узагальненням і систематизацією матеріалу займався С.В. Гулієнко.

Відгуки, зауваження та пропозиції щодо вдосконалення посібника можна надсилати на електронну адресу sergiigulienko@gmail.com.

1. ПОНЯТТЯ НАУКИ ТА ОСНОВНІ ВИЗНАЧЕННЯ

1.2 Визначення науки

Поняття «**Наука**» має декілька визначень.

По-перше, під наукою розуміють *сферу людської діяльності*, яка спрямована на вироблення та теоретичну систематизацію нових об'єктивних знань про дійсність (природу, суспільство, мислення і пізнання оточуючого світу).

По-друге, наука виступає як *результат цієї діяльності* – системи отриманих наукових знань.

По-третє, під наукою розуміється *одна з форм суспільної свідомості чи галузь культури*, яка існувала не за всіх часів і не у всіх популяцій.

По-четверте, термін "наука" вживається для позначення *окремих галузей наукового знання*.

Не всяке знання можна розглядати як наукове. Не можна визнати науковими ті знання, які отримує людина лише на основі простого спостереження. Ці знання відіграють у житті людей важливу роль, але вони не розкривають сутності явищ, взаємозв'язку між ними, що дозволило б пояснити, чому дане явище відбувається так чи інакше, і спрогнозувати подальший його розвиток.

Правильність наукового знання визначається не тільки логікою, але перш за все обов'язковою перевіркою його на практиці. Наукові знання принципово відрізняються від сліпої віри, від беззаперечного визнання достовірним того або іншого положення, без якогось логічного обґрунтування і практичної перевірки. Розкриваючи закономірні зв'язки дійсності, наука виражає їх в абстрактних термінах і схемах, строго відповідних цій дійсності.

1.2 Мета та задачі науки. Поняття істини

Мета науки – отримання знань про дійсність, пізнання законів розвитку природи та суспільства, вплив на природу на основі використання нових знань для отримання корисних для суспільства результатів.

Також, особливо в літературі XIX століття та літературі радянських часів, часто метою науки називають *пізнання об'єктивної істини*. Однак, варто зазначити, що в гносеології (теорії пізнання) сформулювалися різноманітні трактування цього поняття:

- *Класична або кореспондентська* концепція істини, згідно якої істина – це відповідність знань дійсності.
- *Когерентна* концепція істини – це властивість самоузгодження знань.
- *Прагматична* концепція – це корисність знання, його ефективність.
- *Конвенціоналістська* концепція істини, згідно якої істина – це згода, результат конвенції.

В природничих науках найбільш прийнятною є кореспондентська теорія істини, когерентна та конвенціоналістська концепції можуть бути корисними в математиці та деяких гуманітарних дисциплінах, зокрема лінгвістиці. Прагматична концепція прийнятна лише для практичної діяльності, однак в цьому випадку варто мати на увазі, що навіть не правильні теорії можуть бути корисними. Зокрема у мореплавстві зручними і ефективними виявляються навігаційні розрахунки, що ґрунтуються на геоцентричній системі, яка, як відомо, не відповідає дійсності. Більш того, система GPS, яка використовує сучасні і більш точні уявлення про час та простір виявилася ще ефективнішою.

Враховуючи дискусійність категорії «*істинна*» в більшості наукових робіт більшу увагу приділяють питанню *достовірності* результатів досліджень і наукових знань. Зокрема, в дисертаціях на здобуття наукових ступенів у вступі обов'язково має бути наведено обґрунтування *саме достовірності* отриманих результатів.

В класичній науці вважалося, що наукова теорія являється істиною, якщо її положення підтверджуються експериментально. Однак незважаючи, на відповідність експериментальним даним ряд теорій були спростовані. Тому в сучасних умовах метою природничих і більшості технічних наук слід інтерпретувати як побудову моделі певного фрагменту реальності, яка найбільш повно відповідає реальному об'єкту. У разі невідповідності моделі новим виявленим фактам модель має бути або доповнена, або відкинута і

замінена на нову, а перевірка правильності теорії завжди має бути спробою її спростувати.

Задачі науки:

1. Збирання, опис аналіз та пояснення фактів.
2. Встановлення законів руху природи, суспільства, мислення і пізнання.
3. Систематизації отриманих знань.
4. Пояснення сутності явищ і процесів.
5. Прогнозування подій, явищ і процесів.
6. Практичне використання отриманих знань.

Розвиток науки іде від збору фактів, їх вивчення та систематизації, узагальнення і розкриття окремих закономірностей до зв'язної, логічно стрункої системи наукових знань, яка дозволяє пояснити вже відомі факти і передбачити нові.

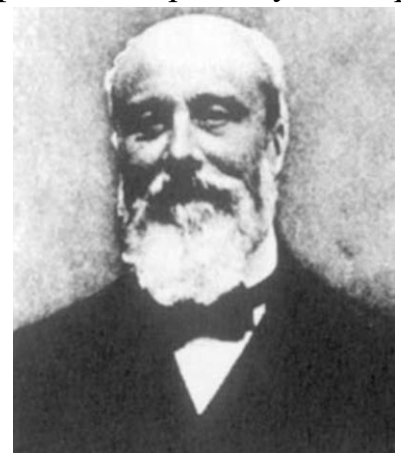
1.3 Концепції розвитку науки

Стосовно розвитку науки було висунуто декілька концепцій. Основними з них є кумулятивістська концепція, діалектично-матеріалістична, а після революції в природознавстві в XX сторіччі було висунуті постпозитивіські концепції.

1.3.1 Кумулятивістська модель розвитку науки

В історіографії науки широко розповсюджений так званий *кумулятивістський* погляд на розвиток науки. Найбільш відомим прихильником і популяризатором цієї концепції був французький фізик і історик науки П'єр Дюєм.

Розвиток науки представляється поступальним, послідовним зростанням твердо встановлених, тобто доведених, емпірично обґрунтованих істин. Наукова картина світу лише розширюється, але не змінюється корінним чином. Такий погляд був домінуючим в класичній науці. З точки зору класичного фундаменталізму, помилки повинні бути викинуті із історії науки, як ті, що не



П'єр Дюєм

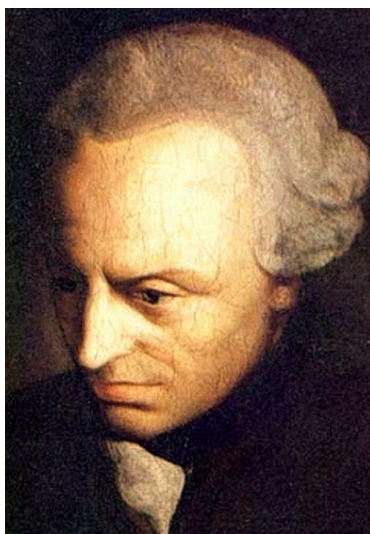
мають до неї відношення. Тому вважалося, що центральною проблемою структури науки була проблема обґрунтування, а не розвитку наукового знання. Згідно цієї концепції, основний акцент робився на аналізі готового знання і здійснювався він методами формальної логіки.

Проте, уже в кінці XIX і, особливо, на початку XX сторіччя стала зрозуміла обмеженість такого підходу до розуміння прогресу наукового пізнання. Нові відкриття в науці на межі сторіч поставило під сумнів розуміння процесу пізнання як дзеркального відображенні дійсності, показали обмеженість класичного фундаменталізму, ідеалів і норм наукового пізнання, які сформулювалися під впливом класичної механіки. Виявилося, що наука розвивається не шляхом поступового накопичення енциклопедичної інформації, а рухається значно складнішим шляхом, які включають як кумулятивне накопичення, так і корінні перетворення системи наукових знань.

1.3.2 Діалектично-матеріалістична модель розвитку науки

В цій концепції вважається, що розвиток науки іде шляхом повільного послідовного нашарування нових знань на старі, а через періодичну трансформацію і зміну провідних уявлень – наукові революції.

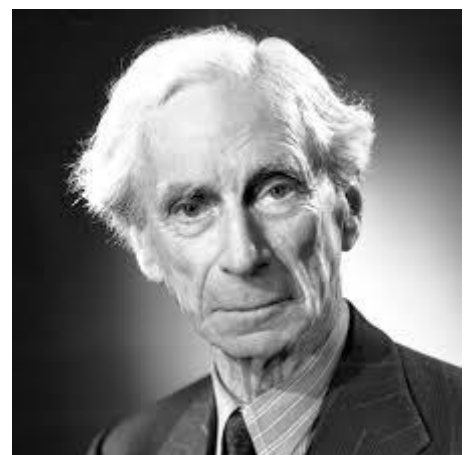
Розвиток науки розглядався таким, що підлягає дії основних законів діалектики – закону взаємного переходу кількісних і якісних змін, закону єдності і боротьби протилежностей і закону заперечення заперечення.



Іммануїл Кант



Стівен Хокінг



Бертран Рассел

Однак більшість закономірностей діалектичного-матеріалізму були отримані логічними методами виходячи з припущення, характерного для механіки Ньютона, щодо абсолютності часу. Однак на межі XIX та XX століть було експериментально встановлено, що швидкість світла не залежить від швидкості руху світильника, що призвело до появи і розвитку спеціальної і загальної теорії відносності, яка показала відносність часу. В такому випадку всі логічні докази, наприклад, в антиноміях І.Канта стають неправильними, через невірність вихідного припущення. Це відмічав, зокрема, і відомий фізик та популяризатор науки Стівен Хокінг. Також помилки в діалектично-матеріалістичній концепції підкреслював Бертран Рассел

Обмеженість діалектичного підходу висунуло потребу в розвитку нових концепцій.

1.3.3 Постпозитивістські теоретичні моделі розвитку науки

Особливістю більшості постпозитивістських концепцій є відмова від кумулятивізму в розумінні розвитку знань. Постпозитивізм визнає, що в історії науки невідворотні суттєві, корінні перетворення, коли відбувається перегляд значної частини раніше прийнятого і обґрунтованого знання – не лише теорій, але і фактів, методів, фундаментальних світоглядних уявлень.

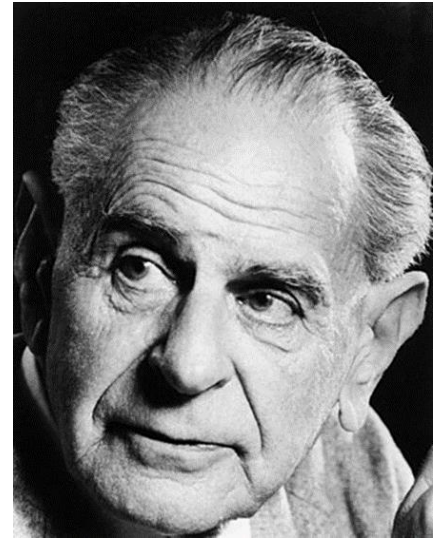
В сучасній західній філософії і методології науки можна умовно виділити два основних напрямків розробки теоретичних моделей розвитку наукового знання. Одне з них спирається на логічну реконструкцію наукового розвитку за допомогою нормативних принципів логічного характеру, що покликані регулювати цей розвиток (К.Поппер, І.Лакатос). Інший напрямок – намагається розробити соціокультурну і соціопсихологічну реконструкцію розвитку наукового знання і науки (Т. Кун, С. Тулмін).

1.3.3.1 Концепція Карла Поппера: проблема зростання наукових знань

На думку Поппера, наука прогресує завдяки сміливим ідеям, висуванню нових все більш незвичних теорій (таких як теорія, згідно якої земля не плоска) і спростування попередніх теорій. В науці ми ніколи не маємо достатніх підстав для повної впевненості, що ми вже досягли істини. Те, що ми називаємо «науковим знанням», як правило, представляє інформацію, що

стосується різних конкуруючих гіпотез і способу, за допомогою якого вони витримують різноманітні перевірки.

Рационально діє той вчений, котрий буде сміливі теоретичні гіпотези, що відкриті до найрізноманітніших спроб їх спростування. Синонімом раціональності є безкомпромісна критика, що ґрунтується на принципі фальсифікації – спростованості будь-якого твердження.



Карл Поппер

Теорія, яка не може бути спростована якоюсь можливою подією, згідно поглядів Поппера не наукова. Неспростовність є не перевагою теорії (як часто думають), а її недоліком.

Важливою особливістю концепції Поппера є концепція фалібілізму. Суть її полягає в тому, що будь-яке наукове знання носить лише гіпотетичний характер і піддане помилкам. Процес пізнання – це процес зменшення нашого невігластва шляхом елімінації (відмирання) помилкових суджень, оскільки надійних джерел отримання істини немає і жодна теорія не може бути безумовно підтверджена. Тому задача вчених – шукати помилки і омани і усувати їх шляхом строгої перевірки теорії і висування нових гіпотез. Поппер вважає, що в процесі зростання наукового знання стара теорія завжди відкидається. І чим більше нова теорія відрізняється від попередньої, тим навіть краще, оскільки це робить її більш сміливою, а значить і більш фалсифікованою. Однак ідея елімінації старих теорій не задовольняє принцип спадковості знань. Наукові знання хоч і «мутують» і підлягають «природному добору» (як і генетичний матеріал), не можуть відірватися від накопичених історією розвитку науки досягнень.

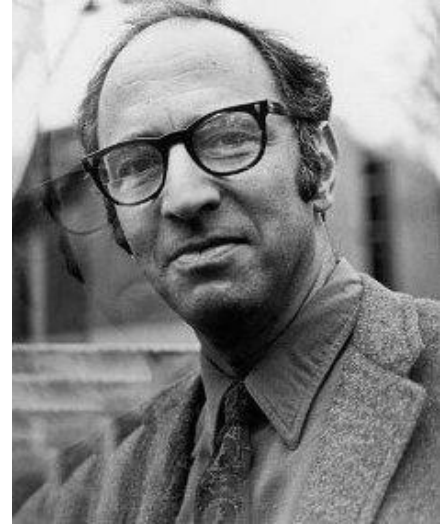
1.3.3.2 Концепція Томаса Куна: історична динаміка наукових знань

Томас Кун запропонував відмовитися від образу науки, як системи знань, зміна і розвиток якої підпорядковано канонам методології логіки, і замінити його образом науки як діяльності наукових співтовариств, яка

залежить від культури, історії, соціальної організації, психологічної і технічної бази.

Кун описує науку як послідовність періодів кумулятивного розвитку, які перериваються некумулятивними стрибками – науковими революціями. В загальному вигляді концепцію Т. Куна можна сформулювати таким чином:

- початкова допарадигмальна стадія розвитку науки. Вона характеризується наявністю різних точок зору, фундаментальних теорій, загальновизнаних методів і цінностей;
- створення єдиної парадигми на основі консенсусу членів наукового співтовариства;
- на основі цієї парадигми здійснюється нормальний розвиток науки, накопичуються факти, удосконалюються теорії і методи;
- в процесі такого розвитку виникають аномальні ситуації, що приводять до кризи, а потім до наукової революції;



Томас Кун

- наукова революція – період розпаду парадигми, конкуренції між альтернативними парадигмами і створення нової парадигми.

Центральним поняттям концепції Куна є наукова парадигма. Це система норм, базисних теоретичних поглядів, методів, фундаментальних фактів і зразків діяльності, котрі визнаються і розділяються всіма членами даного наукового співтовариства. Поняття парадигма корелюється з поняттям наукового співтовариства. Вчений, згідно Куну, може бути зрозумілий як вчений тільки по його належності до наукового співтовариства, члени якого дотримуються певної парадигми.

Парадигма виконує дві функції – забороняючу і проектну. З одного боку вона забороняє все, що не відноситься до даної парадигми і не узгоджується з нею, з іншої – стимулює дослідження в певному напрямку.

1.3.3.3 Концепція Імре Лакатоса: методологія науково-дослідних програм

Якщо К. Поппер вважав, що процес зростання знання має лише дискретний характер і протікає шляхом перманентних революцій, то його

учень і послідовник Імре Лакатос намагається врахувати в розроблюваній їм моделі неперервні моменти в розвитку наукових знань. Це знайшло відображення в розробленій ним концепції науково-дослідних програм (НДП).

Вона є в значній мірі продовженням і модернізацією доктрини Поппера. Основною проблемою для Лакатоса було пояснення стійкості і неперервності наукової діяльності, того, що Томас Кун називав «нормальною наукою». Концепція Поппера не давала такого пояснення, оскільки, згідно неї, вчені повинні фальсифікувати і негайно відкидати будь-яку теорію, що не узгоджується з фактами. З точки зору Лакатоса, така позиція являється «наївним фальсифікаціоналізмом» і не відповідає даним історії науки, які показують, що теорії можуть існувати і розвиватися, незважаючи на наявність великої кількості «аномалій» (фактів, що протирічать теорії). Цю обставину можна пояснити, на думку Лакатоса, якщо порівняти з емпіричними фактами не одну ізольовану теорію, а серію теорій, що змінюють одна одну і зв'язані між собою базовими принципами. Таку послідовність теорій він назвав науково-дослідною програмою.



Імре Лакатос

НДП – це «метатеоретичне утворення», в межах якого здійснюється теоретична діяльність; це сукупність теорій, що змінюють одна одну, об'єднаних сукупністю базисних ідей і принципів. Розвиток науки, за Лакатосом, – це послідовна зміна НДП, які можуть деякий час співіснувати або конкурувати одна з одною. Структура НДП включає в себе «жорстке ядро», «захисний пояс» і систему методологічних правил («евристик»).

«Жорстке ядро» науково-дослідної програми – це те, що є загальним для всіх її теорій, сукупність тверджень, котрі в рамках даної дослідницької програми приймаються як неспростовні: найбільш загальні принципи про реальність, котра описують теорії, що входять до складу програми; основні закони взаємодії елементів цієї реальності; головні методологічні принципи, пов'язані з цією програмою.

«Захисний пояс» – це сукупність допоміжних теорій і гіпотез, побудованих на базі «жорсткого ядра». Воно приймає на себе вогонь критичної аргументації і захищає ядро НДП від фальсифікації, від фактів, які могли б їх спростувати.

«Евристики» – методологічні правила, одні з яких кажуть, яких шляхів слід уникати (негативні евристики), а інші – якими шляхами рухатися (позитивні евристики) в рамках даної НДП.

В розвитку НДП можна виділити два етапи – прогресивний (програма прогресує, коли її теоретичне зростання передує відкриттю емпіричних фактів) і регресивний (вироджений) – теоретичні узагальнення відстають від зростання емпіричних фактів.

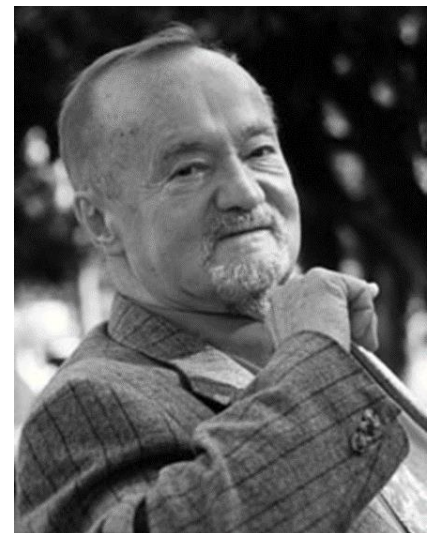
Процес витіснення прогресуючими НДП своїх попередників, які вичерпали внутрішні ресурси розвитку, Лакатос називає науковою революцією.

В своїх роботах Лакатос стверджує, що в історії науки рідко зустрічаються періоди, коли безроздільно домінує одна програма (парадигма), як це стверджував Томас Кун. Зазвичай в будь-якій науковій дисципліні існує декілька науково-дослідних програм. Конкуренція між ними, взаємна критика, чергування періодів розквіту та занепаду програм надають розвитку науки той реальний драматизм наукового пошуку, котрий відсутній в монопарадигмальній «нормальній науці» Томаса Куна.

1.3.3.4 Концепція Стівена Тулміна: еволюція матриці розуміння

З точки зору Тулміна, модель Куна знаходиться в невирішуваному конфлікті з емпіричною історією науки, заперечуючи спадковість її розвитку, оскільки ця історія не має періодів «абсолютного розуміння». Для пояснення неперервності в описанні науки Тулмін пропонує використати схему еволюції, аналогічно теорії природного добору Чарльза Дарвіна та Альфреда Рассела Уолесса.

Розвитку науки, на думку Тулміна, характерні не радикальні революції, а



Стівен Тулмін

мікрореволюції, котрі зв'язані з кожним окремим відкриттям і аналогічні індивідуальній мінливості чи мутаціям. Розвиток науки здійснюється як розгортання мережі проблем, що визначаються ситуаційно і зникають зі зміною ситуації або в результаті зміни цілей і поколінь. Концепції, теорії і пояснювальні процедури оцінюються не як істинні чи хибні, а в термінах адаптації до оточуючого середовища, до інтелектуального поля проблем.

1.3.3.5 Висновки щодо концепцій розвитку науки

Отже, з розглянутих концепцій, незважаючи на значну варіативність, постпозитивістські концепції найбільш глибоко пояснюють закономірності розвитку науки як явища.

2. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ НАУКИ

2.1 Загальний підхід

Наука у сучасному розумінні виникла в період Нового часу (XVI–XVII) сторіччі в Західній Європі з появою коперніканської моделі в астрономії і класичної механіки. Однак, окремі елементи, характерні для наукового світогляду і методів наукових досліджень, були відомі ще в античності, а певні концепції активно розвивалися протягом середньовіччя. Багато з цих елементів справили значний вплив на прогрес науки в цілому.

Тому умовно розподілимо історію науки на протонауку і власне науку.

Період протонауки тривав від появи перших цивілізацій до XVI. За цей період в багатьох культурах були розвинені системи глибоких знань, а щонайменше дві цивілізації максимально близько наблизилися до появи науки в сучасному розумінні цього слова.

2.2 Протонаука в античності

Перші систематизовані знання пов'язані з практичними потребами. Одними з найдавніших знань належать до галузі медицини, адже хвороби і травми характерні для всіх живих істот. Деякі археологічні знахідки доводять, що ще *неандертальці* вміли лікувати переломи кінцівок, а також дбали про старих та хворих родичів. Пізніше, вже *сучасні люди* навчилися використовувати для лікування рослини. Не менш важливими були знання в астрономії. Положення зірок на небі дозволяють визначити зміну пір року, що давало змогу передбачати досягання плодів та горіхів, а також сезонні міграції тварин. З появою сільського господарства (а воно виникло в регіонах, де річки під час розливів вкривали землю родючим мулом) зміна положень небесних світил дозволяло прогнозувати розливи річок і визначити час посівів та збору урожаю. З появою товарного господарства і торгівлі виникла потреба в обліку, що спонукало розвиток писемності та математики. Розвиток торгівлі сприяв появі міст, де математичні знання стали в нагоді в архітектурі.

Тому багато дослідників та істориків науки вважають, що зачатки науки виникли в рамках історії і культури давніх цивілізацій. Ця думка ґрунтується

на тому факті, що давні цивілізації – Шумери, Давній Єгипет, Вавілон, Месопотамія, Іран (через помилку Геродота часто цю цивілізацію називають Персія), Індія, Китай – виробили і накопичили значну кількість астрономічного, математичного, біологічного та медичного знання. Люди сліdkували за небесними явищами, лікували хвороби, вели найпростіші розрахунки, займалися прирученням та селекцією тварин задовго до того, як виникли перші наукові дисципліни. Завдяки писемності ці знання частково збереглися і дійшли до нашого часу.

2.2.1 Цивілізації стародавнього сходу

Найбільш вивченими є знання *Давньоєгипетської цивілізації*. Давні єгиптяни мали значні успіхи в математиці, виконували розрахунки дробів, вирішували системи рівнянь з двома невідомими, встановили співвідношення довжини кола і діаметра (число π); вони вміли обробляти папірус і шкіру, виробляти тканини з льону, винайшли гончарне коло, були вмілими будівельниками (піраміди і храмові комплекси). Єгиптяни мали значні знання в анатомії та медицині – вміли робити складні хірургічні операції (наприклад трепанацію черепа), пломбувати зуби. Їх знання в астрономії також були суттєвими – вони спостерігали за планетами, створювали календарі, тощо.

Найбільш відомою процедурою, розробленою в Давньому Єгипті, є муміфікація. Був збережений документ, відомий як «Книга Мертвих», де містилися інструкції з консервування тіл та внутрішніх органів. Єгипетська традиція муміфікації була результатом релігійних уявлень, однак вона мала корисні практичні наслідки, зокрема, завдяки їй у єгиптян виник стимул вивчати хімію та анатомію.

Єгипетська цивілізація дала першого вченого в історії, ім'я якого відоме. Ним був **Імхотеп**, радник фараона Джосера, який прийшов до влади приблизно в 2680 р. до н.е. З плином часу про Імхотепа склали багато легенд. Він бу відомий як великий лікар з майже магічними здібностями до зцілення. Через багато століть він був перетворений на бога медицини. Висуваються припущення, що саме Імхотепу належить ідея створювати запаси зерна, які



Імхотеп

врятували Єгипет від голоду в період засухи. Крім легендарної слави медика та чудотворця, Імхотеп, очевидно, був першим великим архітектором. Він керував будівництвом гробниці (мастаби) Джосера, яка була першою гробницею, побудованою у формі піраміди. Ця споруда існує і досі, через 4600 років після того, як була побудована. В період правління Джосера було вдосконалено єгипетське письмо – ієрогліфічні символи перестали бути зображеннями об'єктів, їх пристосували для вираження абстракцій і повного спектру людських думок. В цей же час для письма почали використовувати папірус.

Не менш високим рівень цивілізації був розвинений в *Месопотамії*. *Шумери* (біля чотирьох тисяч років до н.е.) були вмілими астрономами, математиками і розробили особливу писемність – клинопис. Успіхи саме в цих галузях пояснюються практичними потребами, спостереження за зоряним небом і зміною положень деяких об'єктів (які отримали назву планет) дозволяло передбачати розливи річок, що мало важливе значення для сільського господарства, а перехід до товарного господарства і появи торгівлі висунули потребу в обліку та розрахунках.

У *Вавилоні* були відомі чотири дії арифметики, прості дробі, піднесення числа до квадрату і кубу, а також знаходження коренів. Крім задач планіметрії, заснованих на подібних трикутниках, вавилоняни розв'язували і стереометричні задачі, які пов'язані з визначенням об'ємів різних просторових тіл, в тому числі і зрізаної піраміди. Практикувалося креслення планів полів, місцевостей, окремих споруджень, але без використання масштабів. Зберіглися записи медичних та хімічних рецептів. Також в цей період була зроблена перша спроба створити карту світу і створений календар зі встановленням точного значення тривалості року.

В Месопотамії більшість знань були пов'язані з практичною необхідністю та релігійними обрядами. Більшість спостережень, особливо в астрономії, робились жрецькими, імена яких не збереглися.

В *Індії* жреці проводили систематичні спостереження руху Сонця і Місяця, були відомі арифметичні операції, включно з діями з дробами. Виключним внеском у світову науку стало створення позиційної системи обчислення. Було побудовано таблицю синусів для визначення місцезнаходження планет. Основні математичні знання були відображені у

«Сіддханта» – астрономічному трактаті початку нашої ери. Високого рівня досягла медицина Індії – анатомія, терапія, хірургія. Цінним джерелом стала «Аюрведа». Видатними лікарями були **Джівака** і **Чарака**. Індійські медичні твори згодом були перекладені арабською. Особливо слід відзначити високий рівень хірургічної майстерності, зокрема було створено понад 200 медичних хірургічних інструментів, які мало відрізняються від сучасних.

Як і в інших східних цивілізаціях у **Китаї** найбільш давньою наукою була астрономія. Уже в I тисячолітті до нашої ери зафіксовані згадки про планети і комети, було відомо про періодичність затемнень. У IV сторіччі **Ші Шеном** був складений зоряний каталог на 807 зірок. Помітні успіхи китайських математиків. **Чжан Цан** описав методи розв'язання систем рівнянь з двома і трьома невідомими. **Цзін Чоу-чан** вперше запропонував поняття від'ємних чисел і ввів правила дій над ними, дав опис кубічних і квадратних коренів.



«Ней цзін»

Значних успіхів досягла китайська медицина. Узагальнені спостереження китайських лікарів були викладені у найдавнішій у світі медичній книзі «Ней цзін», яка відіграла велику роль у її розвитку. Значних успіхів було досягнуто в фармакології, хірургії з використанням загального

наркозу, голкотерапії (хоча лікувальний ефект голкотерапії не доведений методами сучасної доказової медицини).

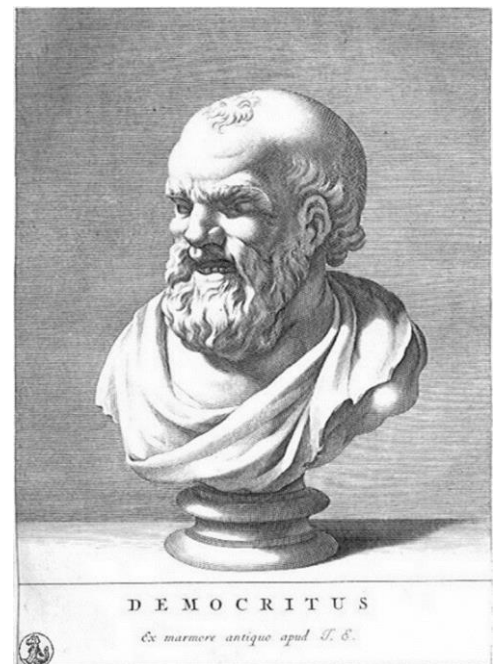
2.2.2 Грецька цивілізація

Серед цивілізацій античності саме давньогрецька найближче підійшла науку в сучасному її розумінні. В *Стародавній Греції* були створені ті теоретичні принципи наукового мислення, якими ми керуємося і сьогодні. При розгляді античної науки, найчастіше це пов'язують з грецькою наукою VI-I ст. до н. е. Основною відмінністю грецької від східних цивілізацій було те, що вчені Греції прагнули оволодіння знаннями виключно заради знання. Вони не намагалися отримати його практичне застосування. На ранній стадії свого розвитку ця риса відіграла позитивну роль і стимулювала розвиток наукового мислення в наступні періоди.

Історію грецької науки можна розглядати в три етапи: іонійський, афінський та александрійський.

2.2.2.1 Іонійський етап

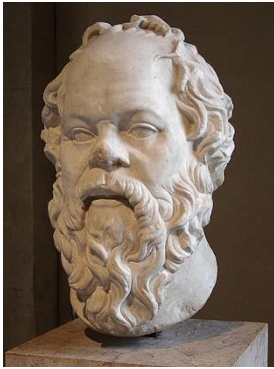
Іонійський етап охоплює VI ст. до н. е. і є періодом зародження грецької науки. У цей період значний вплив мають цивілізації Близького Сходу. Виникла грецька наука у Містах Малої Азії, а центром зародження вважається місто Мілет. Іонійський етап – це час діяльності натурфілософів. Вони намагалися знайти відповіді на питання, що собою являє навколишній світ, як він створений, як проявляє себе природа. Людей, що прагнули розв'язати поставлені питання пізніше було названо філософами і до промислової революції на Заході наука і філософія не розділялися. У цей період науку збагачено працями **Фалеса Мілетського, Піфагора, Анаксимандра, Анаксимена, Геракліта, Гіпподама, Демокріта.**



Основними досягненнями за цей період є розвиток геометрії, архітектури, встановлення форми землі та розвиток атомістичного вчення.

2.2.2.2 Афінський етап

Він охоплює V-IV ст. до н.е. Цей період збігається з діяльністю Аристотеля, Сократа, Платона і Гіпократата.



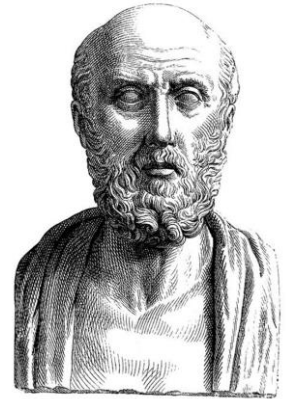
Сократ



**Платон і
Арістотель**



Архіт



Гіппократ

Варто згадати ще одного вченого цього періоду – **Архіта Тарентського**. Це перший математик який науково розвинув механіку і займався парктичними питаннями цієї науки. В його роботах знаходяться перші відомості про принципи механіки, описані блок та гвинт. Архіт залишив про себе згадку як винахідник пневматичних механізмів. На основі його праць **Евклідом** написано чотири глави «**Начал**» – найважливішої математичної роботи античності.

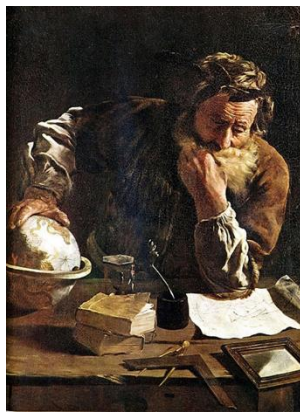
До Афінського періоду належить діяльність медичної школи відомого вченого і лікаря Давньої Греції **Гіппократа**, що функціонувала на острові Кос. Він і його учні добре знали систему органів руху людини. Вони лікували переломи, розтягнення, вивихи, обробляли і заживляли рани. Гіппократ вважав, що за психічну діяльність людини відповідає такий орган як мозок. Його вчення про чотири рідини тіла людини – кров, слиз, жовту і чорну жовч, кількісне співвідношення яких визначає усі психологічні процеси, залишалося домінуючим протягом тисячоліть.

2.2.2.3 Александрійський етап

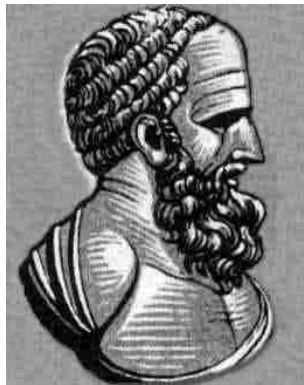
Александрійський етап розвитку античної науки припадає на III-II ст. до н.е. У цей час спостерігається інтенсивний процес «інтернаціоналізації» науки. З Сицилії до александрійської бібліотеки приїздили і працювали

Архімед та **Гіппарх**. На цей період відноситься діяльність **Аполлонія Перзького**. Він довів 387 теорем про криві 2-го порядку і передбачив створення координатної системи. Його роботи істотно вплинули на розвиток астрономії, механіки, оптики. Він ввів багато термінів, зокрема такі: асимптота, абсциса, ордината, апліката, гіпербола, парабола.

До Александрійського періоду відноситься і наукова діяльність **Арістарха Самоського**. В його роботах були розглянуті методи визначення розмірів відстані до небесних світил та визначення їх розмірів. Найсміливішою його ідеєю було припущення, що земля обертається навколо сонця.



Архімед



Гіппарх



**Арістарх
Самоський**



Клавдій Птолемей

Однак ідеї Арістарха не були прийняті тогочасним світом і домінуючим залишилася геоцентрична система. В цей час Гіппархом та **Клавдієм Птолемеєм** була розвинена модель всесвіту, яка пов'язувала рух небесних світил з обертанням навколо землі «небесних сфер» та руху окремих світил по «епіциклам». Незважаючи на її неправильність, вона з використанням математичних методів точно описувала рух небесних світил і могла з відносно невеликою похибкою спрогнозувати їх положення в майбутньому. Тому теорію Птолемея, що викладена в роботі «**Мегале синтаксис**» («Велика побудова»), яка нині відома під арабською назвою «Альмагест», можна вважати першою науковою теорією в сучасному розумінні цього слова.

В цей період визнання отримала александрійська школа медицини. Багато чим цьому посприяв давньоєгипетський звичай бальзамування. Проведення розтинів дозволило більш повно вивчити системи внутрішніх

органів та їх функціонування. Найбільш відомим представником цього напрямку є **Герофіл**, який заснував описову анатомію.

Важливо, що розвиток науки в цей період підтримувався на державному рівні – династія **Птоломеїв** заснувала і фінансувала в Александрії заклад під назвою «**Мусейон**», що також відомий як **Александрійська бібліотека**. Це, по суті, був перший в світі університет та дослідницький центр.

2.2.3 Римська цивілізація

Занепад грецької культури прийшовся на період розквіту *Давнього Риму*. Римська цивілізація відзначалася значними успіхами у військовій справі, адміністративному управлінні і, особливо, в інженерії та архітектурі (будівництво доріг, мостів, акведуків, терм, храмів і спортивних арен). Однак чиста наука, яка не мала негайного практичного втілення не цікавила римлян. Крім того, система римських цифр була досить незручною для проведення розрахунків тому її широке поширення в Європі дещо загальмувало розвиток математики.

В Римській Імперії певною популярністю користувалися ідеї грецьких філософських шкіл епікурійців та стоїків. Однак Рим ніколи не славився своїми вченими. Це був привілей греків. Однак в перші сто років з часу заснування імперії з'явилося декілька людей, котрі гідні згадки в розповіді про історію науки.

Скоріше за все, найвидатнішим серед них був **Гай Пліній Секунд** (Пліній Старший). Він був людиною широкої ерудиції і дивовижної допитливості, в будь-який вільний час він писав. Головною його роботою була тридцяти семи томна «**Природня історія**», що опублікована в 77 р. н.е. Цей твір не був оригінальною роботою, це результат кропіткого дослідження двох тисяч книг, які були написані майже п'ятьма сотнями вчених давнини. При цьому Пліній не віддавав нікому перевагу і, нажаль, включав свою роботу несподівані і цікаві дані, ігноруючи при цьому більш правдоподібні і змістовні.

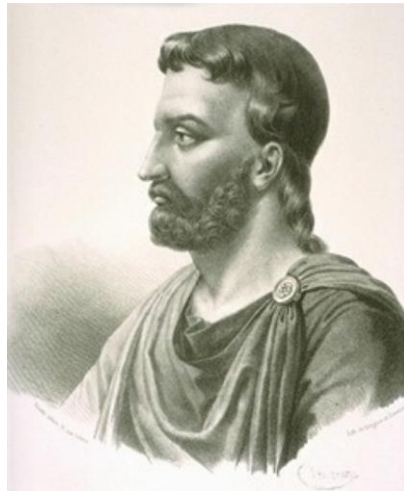
Частина цієї роботи стосувалася астрономії та географії, але найбільшій ступені «Природня історія» була присвячена зоології, і тут письменник детально, багатослівно описував єдинорогів, русалок, літаючих коней, людей без роту або з непропорційно великим ногами тощо. Книга, з якої було

зроблено багато копій, збереглися завдяки цікавому змісту, в той же час багато строго фактичного матеріалу зникло без сліду. В Середньовіччя і трохи пізніше цю книгу цінували і більшості випадків приймали на віру все, що там описувалося.

Ще одним вченим, роботи якого збереглися до наших днів був **Авл Корнелій Цельс**. Він зібрав воєдино деякі залишки грецької науки, книги з грецької медицини були не відомі в Новий час, тому досить довго Цельс вважався великим лікарем.



**Гай Пліній Секунд
(Пліній Старший)**



**Авл Корнелій
Цельс**



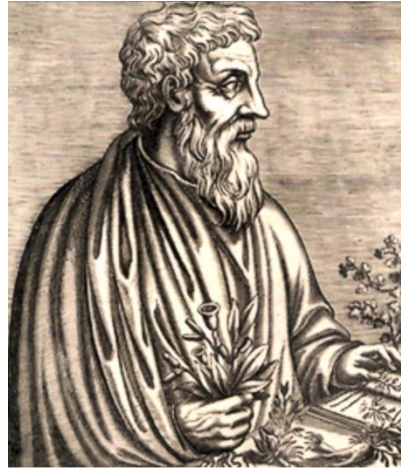
**Марк Вітрувій
Полліон**

Безумовним вкладом в розвиток інженерії, здібностями до якої римляни відрізнялися завжди, стали роботи **Марка Ветрувія Полліона**. Він опублікував фундаментальну роботу з архітектури. Аналогічні роботи в області інших прикладних наук створив **Секст Юлій Фронтін**. Він написав книги про освоєння земель та військовій науці, які не збереглися. Пізніше він написав двотомну книгу, що описувала акведуки. Імовірно, це найбільш інформативна робота з римської інженерії, що дійшла до нас. Фронтін був дуже гордий досягненнями своїх співвітчизників і скептично порівнював їх з видовищними, але непрактичними побудовами єгиптян та греків.

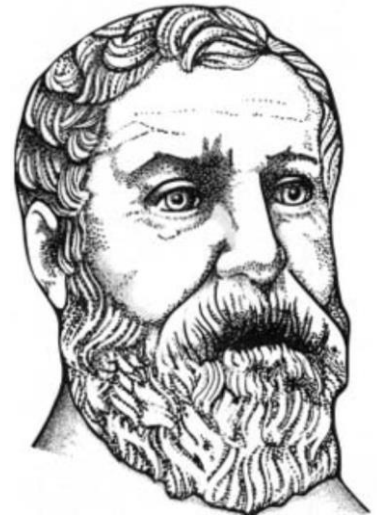
Серед останніх давньогрецьких вчених був **Діоскорид**, який служив в армії Нерона і там вивчав способи виготовлення рослинних ліків. Про це він написав п'ять книг, що склали єдину систему фармакопеї і збереглися до Середніх Віків.



Секст Юлій Фронтін



Діоскорид



Герон

Приблизно в той же час в Александрії жив **Герон**, імовірно, найгеніальніший винахідник і інженер античності. Найбільш відомим є один його винахід: порожниста сфера з гнутими ручками, в яку наливалася і кип'ятилася вода, причому пара, що виходила під тиском з цих ручок, змушувало сферу обертатися (приблизно той же принцип зараз використовується в більшості сучасних пристроях для поливання). По суті це був дуже примітивний паровий двигун, і якби суспільство в той час більше цікавилася наукою, цілком імовірно, на думку деяких дослідників, що цей винахід привів би до промислової революції, яка розпочалася лише сімнадцять сторіч після цього.

Занепад і падіння Римської Імперії призвели до того, що центри розвитку знань змістилися на схід – Іран, Індію, Китай, а пізніше в Арабську імперію.

2.3 Наукові знання в Середні Віки

2.3.1 Стан знань в Західній Європі в Ранньому Середньовіччі

Падіння Римської Імперії призвело до появи на території більшої частини Європи «варварських» держав, які переважно були феодальними монархіями і в них переважав натуральний спосіб ведення господарства, технологічний рівень якого не переважав античний. Більшість інженерних досягнень часів Римської Імперії не розвивалися і поступово прийшли в занедбаний стан, особливо гостро ця проблема стосувалося доріг.

Тому значних досягнень в науці та техніці в *Західній Європі* період з 600-1000 років н.е. не було і деякі дослідники, зокрема Бертран Рассел, говорять про інтелектуальний застій в цей час. Тим не менше чітку границю між Античністю і Темними Віками провести складно. Зокрема, останнім античним філософом часто називають **Боеція**, який жив пізніше за середньовічного релігійного філософа **Августина**.

Особливо важке положення для знань було під час розвитку та експансії франків. Вони були жорстокими і лютими воїнами, що повністю знищували завойовані ними країни. Їх невігластво переходило всі межі. Правляча знать звикла воювати з тією ж легкістю, з якою в більш пізні часи купці вели торгівлю. Життя в Середні Віки було коротким навіть у мирні часи, не кажучи вже про безкінечні війни. Навчання військовій справі було необхідно починати з ранніх років. Тому франкські юнаки добре вправлялися з мечем, але часто зовсім не вміли читати та писати.

Грамотність була справою церковних людей, та й то не всіх. Воїни в більшості випадків були вихідцями з франкських земель, а клірики народжувалися в сім'ях римлян. Тому навики читання і письма залишалися привілеєм переможених. Для франка навчитися читати і писати означало не лише поставити під сумнів свою доблесть і мужність, але й взагалі перестати бути франком.

Оскільки багато доріг було зруйновано, господарство стало приходити в занепад. Міста, що процвітали в часи Риму, поступово зачахли. Вони стояли наполовину закинуті, як тіні своєї минулої величі. То тут, то там жили якісь люди, але міські будівлі розбиралися на будівельні матеріали. Останні залишки міського багатства перейшли до сільських жителів, а звідти – до багатих землевласників. Селяни повернулися до того способу господарювання, який існував за тисячу років до того, як прийшли римляни. Люди жили лише за рахунок сільського господарства. Жителі сіл працювали на полі, тому що жодної надії на те, що вдасться добути продовольство якимось іншими способами, у них не було.

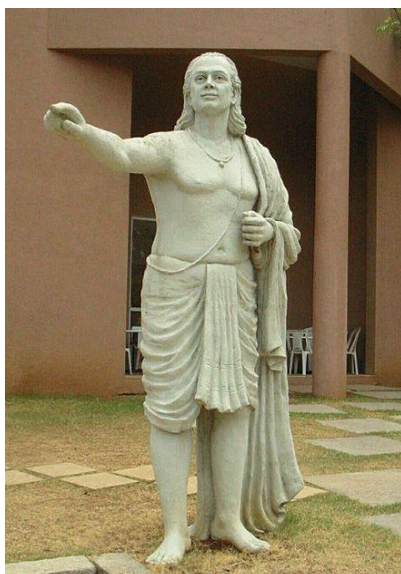
Зв'язок був настільки поганим, що виключало можливість перевозити продовольство на великі відстані, навіть у випадках небезпеки. В неурожайні роки цілі села вимирали від голоду.

Навіть якщо урожай видавався хорошим, способи його обробки були настільки примітивними, що майже не вдавалося відкласти щось на майбутнє. А крім того, ніяк не вдавалося обійти землевласників-лендлордів і їх солдатів, котрі нічого не виробляли, а займалися тим, що віднімали все в селян. Природньо, що люди голодували. Населення неперервно зменшувалося.

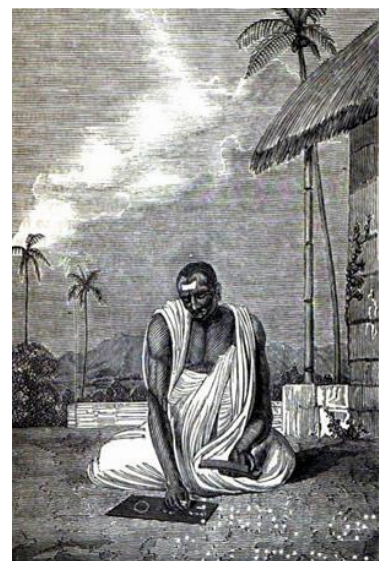
2.3.2 Східні цивілізації Середньовіччя

В той же час за східними кордонами колишньої Західної Римської Імперії настільки суттєвих потрясінь не відбувалося і давні цивілізації **Індії** та **Китаю** продовжували свій розвиток і досягли значних успіхів розвитку знань, а **Візантійська імперія** протягом всього середньовіччя залишалася оплотом грецької культури, поширюючи її на сусідні території, в тому числі і на Київську Русь.

Індійськи тексти з природничих наук та математики 300-400 р. н.е. («Сіддханти») збереглися і дійшли до наших часів. В них наведено опис епіциклів, дробів та тригонометричних функцій. Найбільш відомим математиком і астрономом Індії був **Аріабхата** (476-550 рр.). Він висловив думку, що Земля обертається навколо своєї осі і навколо Сонця, у його творах зустрічаються методи знаходження квадратних і кубічних коренів, задачі на складання рівнянь та методи їх розв'язку, наведено наближене значення числа π . Не менш відомим був **Брахмагупта** (598-660 рр.). Найбільшим його досягненням стало використання нуля в обчисленнях та застосування числових методів і рядів.



Аріабхата



Брахмагупта

Успіхи індійської металургії свідчать про наявність знань в галузі складу руд, підготовки металургійної сировини і палива, проведення процесу плавлення і подальшої обробки металів.

Також на високому рівні трималася і індійська медицина.

В *Китаї* продовжувала розвиватися математика, в II-VI сторіччях китайські вчені розробили оригінальний метод розв'язання невизначених систем рівнянь, в середині XI сторіччя у Китаї було знайдено метод знаходження коренів вище 2-го ступеня, використовувалися біноміальні коефіцієнти, відомі нині, як трикутник Паскаля.

У VII в Китаї було засновано **Палату вчених**. їх обов'язком було проведення наукових робіт і складання енциклопедичних словників. Це другий, після Мусейону, приклад в історії державної підтримки науки. Ця організація пережила декілька реформ і проіснувала до 1911 року.

Високого рівня в Китаї досяг розвиток практичної хімії. В III-V почалося виробництво виробів з порцеляни. Китайці першими в світі виготовили папір та порох. Не менш високого рівня було досягнуто у будівництві та гідротехніці.

2.3.3 Розквіт науки в Арабській Імперії

Найбільших успіхів в середньовіччі досягла *арабська цивілізація*. Велику роль в цьому відіграв халіф **Аль-Мамун** (786-833), який виділяв величезні кошти на розвиток знань, зокрема на рух перекладачів – переклад арабською всіх книг, які вдавалося знайти. Згідно переказів, робота перекладачів оплачувалася золотом на вагу перекладеної книги.

Арабська наука, як і арабська культура взагалі, зосереджувалася в досить широкій на той час мережі освітніх закладів. Шкільна освіта виникла після арабських завоювань, коли арабська мова поширилась як мова адміністрації і релігії від Кордоби в сучасній Іспанії до Самарканда в сучасному Узбекистані. Початкові школи при мечетях існували вже з VIII століття.

З розвитком філологічних і природничих наук у Багдадському халіфаті, а потім і в інших арабських державах виникають науково-навчальні центри: починаючи з VII століття граматичні школи у Басрі, Куфі та Багдаді. В 830 у Багдаді на кошти Аль Мамуна було створено академію «**Дар аль-улюм**» («Дім мудрості») за прикладом Александрійської бібліотеки. У 972 в Каїрі засновано

університет аль-Аз-гар. Високого розвитку досягла освіта в арабо-піренейських землях. У X столітті у самій лише Кордові було 27 медресе, де викладали медицину, математику, астрономію, філософію.

Історичною заслугою арабів є те, що вони, перейнявши досягнення науки античного часу, розвинули її далі і передали народам Заходу, ставши, таким чином, ніби мостом між античністю і сучасною цивілізацією. Твори Евкліда, Архімеда і Птолемея стали відомі Західній Європі завдяки перекладам арабською. Праця Птолемея «Мегале синтаксис» («Велика побудова») відома Західній Європі в арабському перекладі як «**Альмагест**». Маючи уявлення про кулястість землі, араби 827 у Сирійській пустелі виміряли дугу меридіана для визначення розмірів земної кулі, виправили і доповнили астрологічні таблиці, дали назви багатьом зіркам (Вега, Альдебаран, Альтаїр). У Багдаді, Самарканді і Дамаску існували обсерваторії. Запозичивши індійську цифрову систему, арабські вчені почали оперувати великими числами; від них пішло поняття «**алгебра**», вжите вперше іранським математиком **аль-Хорезмі** (780—847). В галузі математики **аль-Батані** (858—929) опрацював тригонометричні функції (синус, тангенс, котангенс), а **Абу-ль-Вефа** (940—997) зробив ряд визначних відкриттів у галузі геометрії та астрономії.



аль-Мамун



аль-Хорезмі



аль-Батані

Використавши праці Галена і Гіппократа, арабські вчені розвинули медицину, вивчили лікувальні властивості ряду мінералів і рослин. **Ібн-аль-Байтар** дав опис понад 2600 ліків і лікарських та ін. рослин в алфавітному

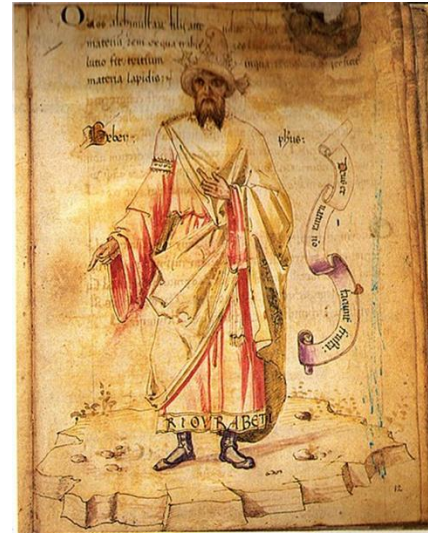
порядку, в тому числі бл. 300 нових. Медичні знання арабів були зведені в одне ціле хірургом госпіталю у Багдаді **Мухаммедом ар-Разі** (864—925) і **Абу Алі Ібн Сіною** (Авіценною; 980—1037), твір якого «Канон медицини» став настільною книгою західноєвропейських лікарів XII—XVII століть. Арабська офтальмологія мала близьке до сучасного уявлення про будову ока. Ряд відкриттів з фармакологічної хімії зробив алхімік **Джабір Ібн-Хайян** (VIII століття).



ар-Разі



Ібн Сіна

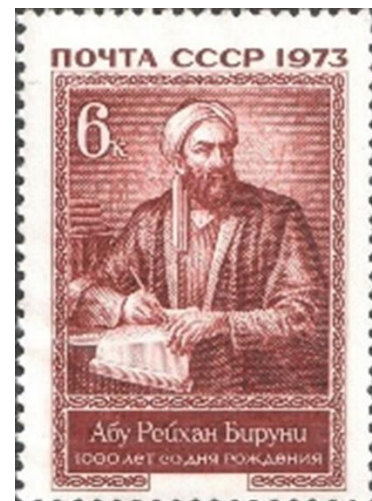


Джабір Ібн-Хайян

Не менші успіхи були досягнуті і фізиці, зокрема в механіці та оптиці, зокрема вони почали використовувати в дослідженні емпіричні та індуктивні методи. Найвидатнішими фізиками арабського світу були **аль-Хайсем** та **аль-Біруні**. Астроном **аль-Тусі** першим виявив принципові неточності в системі Птолемея, і запропонував нову концепцію руху планет, яка отримала назву «Пари Тусі».



Аль-Хайсем



Аль-Біруні

Араби ознайомили народи різних країн, в тому числі і Західної Європи, з досконалими виробами з заліза, сталі, шкіри, вовни і т. д., запозичили у китайців компас, порох, папір, завезли до Західної Європи коноплі, рис, тутовий шовкопряд, фарбу індиго; запозичили в Китаї і просунули далеко на Захід культуру бавовника; вперше почали виробляти тростинний цукор, акліматизували велику кількість садових та сільськогосподарських культур.

Однак в XI–XII сторіччі східні цивілізації почали занепадати. Китай сильно постраждав від навали монголів. Індія потерпала від феодалної роздробленості і протистояння індуїзму з ісламом. Арабська імперія змушена була одночасно воювати проти монголів і хрестоносців, імперія поступово розпадалася, а іслам радикалізувався.

2.3.4 Повернення інтересу до знань в Західній Європі в період пізнього середньовіччя

Протягом Темних Віків грамотність зберігалася переважно серед католицького духовенства і монахів, а поширена думка щодо гонінь на науку з боку папства в цей час не відповідає дійсності. Навпаки, католицька церква сприяла поширенню латинської писемності, підтримувала вчених. В цей період церкву можна звинуватити лише у використанні книг античних авторів – старі тексти стиралися, а на цих сторінках писалися життя святих чи подібна інформація. Втім, така практика в першу чергу була обумовлена драговиною пергаменту, з якого виготовлялися тоді книги. Церков прийняла систему Птолемея і філософію Аристотеля, на основі якої виникла особлива форма середньовічної філософії – **схоластика**. Проблеми у стосунках між церквою і наукою виникли дещо пізніше.

Головну роль відігравала церква і в період ***Каролінгського відродження***. Коли під керівництвом **Карла Великого** на території імперії франків на довгий період встановився мир, імператор почав організовувати школи, де людей учили читати і писати. Він розумів, що навіть якщо в цих школах навчать писати і читати навіть небагато людей, ті зможуть поширити ці знання далі. Сам Карл Великий навчився писати і читати у віці понад 50 років. Через брак дійсно грамотних людей, були запрошені викладачі з інших країн – Італії, Англії і навіть Арабської Імперії (в першу чергу з Іспанії). Найпомітнішою постаттю в цей період був англієць **Алкуїн**, який був не лише вчителем, а й

радником Карла Великого. Завдяки роботам Алкуїна в Західній Європі почали поважати освічених людей.



Карла Великого



Алкуїн

Однак після смерті Кара Великого імперія розпалася і наука не розвивалася. Однак зміни почалися в середині X століття.

Все почалося зі змін в сільському господарстві, які викликали за собою зміни в інших галузях людської діяльності.

Сільське господарство виникло за тисячі років до того в країнах, де була досить суха земля. Основною задачею було забезпечити поля водою. Тому землеробство розвивалося в основному по берегах крупних рік, таких як Ніл, Тигр, Євфрат, Інд, Ганг, Хуанхе та Янцзи. В багатьох з них притік води можна було регулювати за допомогою системи каналів.

Країни на північному заході Європи були зовсім іншими. Вони були покриті лісами. Часто йшли дощі. Земля була іншою: не сухою і легкою, як на берегах Середземного Моря, а важкою і просоченою водою.

Старі методи землеробства, що були випробувані віками, не виправдали себе в нових умовах. Тому продуктивність сільського господарства в Європі в епоху раннього Середньовіччя була досить низькою.

Проблема полягала в осушенні заболоченого ґрунту. Вихід був знайдений, коли почали використовувати відвальний плуг. Не можна сказати, що відвальний плуг був зовсім невідомий, однак широкого поширення він набув лише після 900 року.

Плуг, яким користувалися раніше, не міг глибоко орати землю і тому був зовсім не придатний. Тепер з'явився засіб нового типу з лемішем. Такий плуг

глибоко врізався в ґрунт, піднімаючи його наверх і відвалював в бік. Зоране поле було вкрите глибокими борознами. Земля лежала по краях борізн. Вода стікала по борознам, випаровуючись з землі. Підготовлений новим способом ґрунт набагато краще підходив для землеробства.

Наступним винаходом, що з'явився після плуга було ще простішим і називалося конячий хомут.

Кінь оре набагато краще, ніж бик. Справа була а малим, його слід запрягти. У селян того часу коні були але не було упряжі. Упряж, що підходила для бика виявилася непридатною, оскільки, якщо на коня надіти упряж від бика, ремінь буде давити на дихальне горло, і чим сильніше кінь в такій збруї буде тягнути плуг, тим більша імовірність того, він може задихнутися. Для коней потрібна була інша збруя.

Конячий хомут представляв собою оббите повстю півколо, котре кладуть йому на шию. Решта збруї кріпиться разом з хомутом. Таким чином кінь може орати без ризику задихнутися. Хомут почали використовуватися на початку Х століття. Це дозволило використовувати коней не лише для пересування, але й для землеробства. Виявилося, що кінь не лише може замінити кількох биків, але і працює значно швидше.

На період Х-ХІІ століття в Західній Європі почалося відродження античної техніки. Водяне колесо, яке було відоме ще за часі Римської Імперії але не було поширене через дешевизну праці рабів, в ХІ століття в Англії почали використовуватися для приводу зернових млинів. Такі млини швидко поширилися Європою, а пізніше водяні колеса стали використовуватися у виробництві сукна, паперу і навіть на кузнях та для приводу токарних верстатів. В арабських країнах вітряні млини зустрічалися вже в VII століття, а в 1180 році вперше згадується в про його використанні в Нормандії. Вітряні млини також швидко поширилося по всій Європі, але використання сили вітру не було таким різноманітним, порівняно з водяним колесом.

Збільшення продуктивності сільського господарства та якості переробки зерна дозволило прогодувати більше людей, ніж задіяно у виробництві продовольства. Це сприяло розвитку ремесл і торгівлі. В таких потреба в грамотних людях, а також в математичних знаннях різко виросла, що спонукало збільшення кількості шкіл.

Такі зміни зачепили і католицьку церкву. В 999 Папою Римським під іменем **Сильвестр II** став француз Герберт. Він був одним з найвизначніших теологів свого часу, однак крім цього він вперше з часів Босція, що жив за 500 років до цього, був поборник світської науки.

Сильвестр II вивчав роботи древніх філософів та вчених, користувався рахівницею (точніше, грецьким абаком) і арабськими цифрами, конструював годинники та астрономічні прилади. Деякі сучасники звинувачували його в чаклунстві і зв'язку з нечистою силою, однак високе положення Сильвестра II убезпечило його від проблем і його діяльність показала, що ніякої шкоди світська наука не несе.



Сильвестр II

Важливіше за все те, Сильвестр II дбайливо збирав і зберігав античні манускрипти і переконував інших робити це ж саме. Крім того, він звернув увагу на арабські рукописи, котрі стали перекладати на латину.

Інтерес до арабських джерел став виникати по всій Європі. Англієць **Аделар із Бата** в молодості багато подорожував по Греції, Малій Азії та Північній Африці, де вивчив арабську мову. Повернувшись в Англію, він переклав роботи Евкліда з арабської мови на латину і також почав використовувати арабські цифри. Пізніше його співвітчизник **Роберт з Четеру** переклав роботи Аль-Хорезмі і



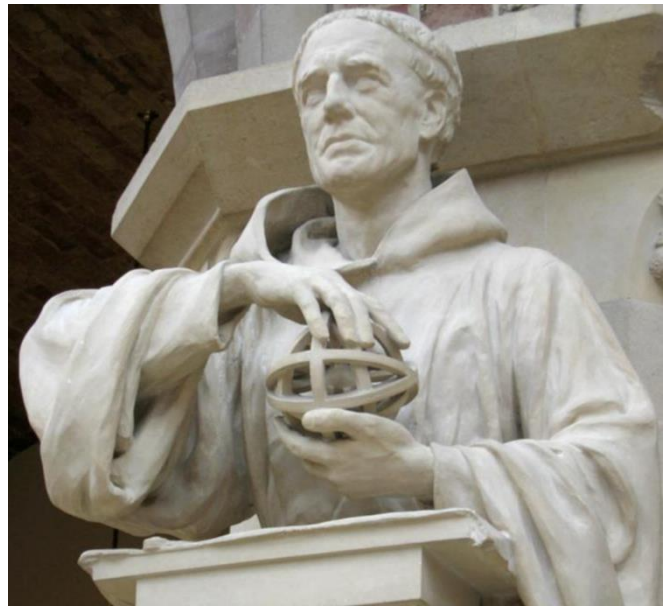
**Леонардо Пізанський
(Фібоначчі)**

познайомив Європу з алгеброю, а також переклав багато арабських книг з алхімії. Найбільших успіхів в ті часи досяг італієць **Леонардо Пізанський** (1170 – 1250), більш відомий як **Фібоначчі**. Він не лише перекладав арабські

твори і обґрунтував використання арабських чисел, а в сам розвинув методи розв'язання кубічних рівнянь та використання числових рядів.

Важливою подією стало заснування в 1088 році в Болоньї першого в Європі університету. Згодом такі навчальні заклади з'явилися в Парижі, Оксфорді, Кембріджі, Саламанці і поширилися по всьому Західному Світі. Хоча протягом довгого часу головним факультетом в університетах залишався теологічним, їх діяльність мала важливе значення в переході від схоластики до експериментального природознавства і формування класичної науки.

Однією з ключових фігур пізнього середньовіччя був францисканський монах **Роджер Бекон** (1214-1294), який видав твір, де описував виробництво пороху, прогнозував винахід окулярів, бінокля, водолазного костюму, самокату, кораблів, що рухається за допомогою машини, і, навіть літаків. Звісно, він як і **Леонардо да Вінчі** більше творив теоретично, частково фантастично, не перевіряючи це на практиці, хоча



Роджер Бекон

сам був прихильником експериментів. Зокрема Роджер Бекон за 400 років до Ньютона розклав сонячне світло на спектр (хоча виділив в ньому 5 кольорів). Однак сміливі ідеї Бекона не вкладалися в канони схоластики із в 1277 році його нововведення були оголошені єрессю, сам вчений був відсторонений від викладання в Оксфордському університеті і ув'язнений на 14 років. Трохи раніше у єресі був звинувачений і французький філософ П'єр Абеляр, однак в цьому випадку причини були в розбіжностях в теологічних питаннях. Саме з цих часів, а не з Темних Віків, почалися конфлікти між католицизмом і вченими, що обумовлювалося протиріччями між догматами і результатами досліджень.

Економічний та технологічний прогрес, поява вчених та університетів створили передумови формування класичної науки в Західній Європі. Крім того, розвиток мореплавства і вогнепальної зброї сприяв поширення

європейців по всьому світу та колонізації Америки та Азії, що також сприяло поступовому занепаду східних цивілізацій. Значним поштовхом в поширенні знані стала поява в Європі книгодрукування, яке з'явилося в Китаї і Кореї за 400 років до Гуттенберга.

2.4 Наука в Новий Час. Класична наука

Процес становлення класичної науки продовжувався, щонайменше, півтора століття. Можна виділити три етапи цього становлення, починаючи від появи книги **Коперника** *«Про обертання небесних сфер»* (1543 р.) і до виходу в світ *«Математичних начал натуральної філософії»* **Ньютона** (1687 р.).

1-й етап пов'язаний з руйнуванням старої системи опису всесвіту, що ґрунтувалася на фізиці Аристотеля та моделі небесного руху Птолемея – падіння аристотелевого космосу.

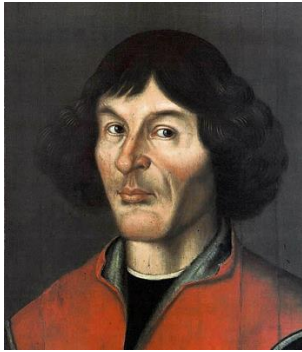
2-й етап – поява картезіанства як системи опису світу, яка заповнилася собою інтелектуальну порожнечу, яка утворилася в результаті критики Галілея, робіт Кеплера.

3-й етап – створення справжньої наукової картини світу, що зв'язала в одне ціле точні математичні закони земної фізики і геліоцентричну модель Всесвіту. Основна заслуга тут належить Ньютону.

Початок процесу формування класичної науки було покладено польським вченим **Ніколаєм Коперником** (1473-1543), який запропонував геліоцентричну картину світу. Коперник виходив з того, що Земля не перебуває нерухомо в центрі всесвіту, а обертається навколо своєї осі. Він стверджував, що не існує єдиного центра для всіх небесних сфер або орбіт. Центр Землі не є центром тяжіння і центром світу, центр світу знаходиться біля Сонця, навколо якого обертається Земля. В теорії Коперника неявно присутня думка, що небесними і земними явищами керують одні і ті ж закони. Однак він все ще розділяв уявлення про скінченність всесвіту.

Джордано Бруно (1548-1600) проголошує філософію безкінечного світу, більш того безкінечних світів. Спираючись на геліоцентричну схему Коперника, він іде далі: оскільки Земля не являється центром світу, то таким

центром не може бути і Сонце; світ не може замикатися сферою нерухомих зірок, він безкінечний і безмежний.



**Ніколай
Коперник**



Джордано Бруно



Тіхо Браге



Йоган Кеплер

Дослідження Коперника і Бруно заклали основу для подальших космологічних побудов. **Тіхо Браге** довів до межі досконалості інструментарій дотелескопічної астрономії, а його багаторічні і регулярні спостереження зоряного неба дозволили в подальшому Кеплеру встановити математичні закони руху планет.

Йоган Кеплер (1571-1630) сприяв остаточному руйнуванню аристотлівської картини світу х її ієрархічною побудовою і подвійними фізичними законами, які складно піддаються математичному опису і не відповідали експерименту. Розвиваючи ідеї гармонії Всесвіту, Кеплер обґрунтовує висновок, що планети рухаються навколо Сонця не по ідеально-круговими орбітами, а по еліптичним; планети здійснюють рух навколо Сонця нерівномірно. Установивши математичну стійкість між часом обертання планети навколо Сонця і їх відстанню до нього, він сформулював математичні закони, що керують рухом небесних тіл.

Галілео Галілей (1564-1642), провівши порівняльний аналіз коперніканського і птолемеївського вчення, виклав не лише нову картину світу, але і світоглядно обґрунтував нові принципи експериментально-математичного природознавства. Він поєднав фізику як науку про рух реальних тіл з математикою як наукою про ідеальні об'єкти.

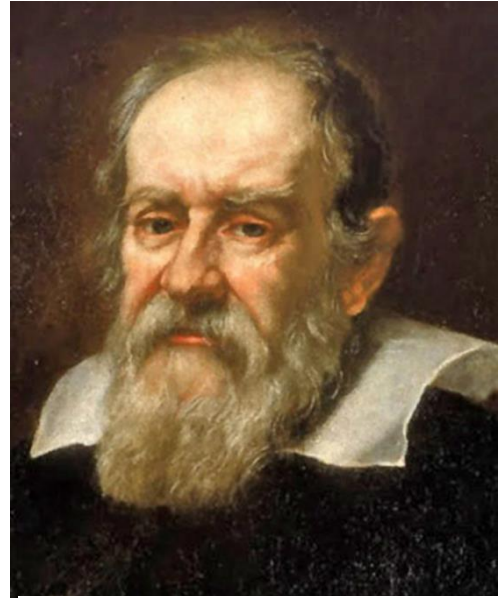
Галілей виділяв два основні методи експериментальних досліджень природи:

- *Аналітичний* («метод резолюцій») – прогнозування чуттєвого досліду з використанням засобів математики, абстракцій та ідеалізацій. За допомогою

цих засобів виділяють елементи реальності, що недоступні безпосередньому чуттєвому сприйняттю (наприклад, миттєва швидкість). Інакше кажучи, виділяються граничні феномени пізнання, логічно можливі, але їх складно продемонструвати в реальній дійсності.

- *Синтетико-дедуктивний* («метод композицій») – на базі кількісних співвідношень виробляється деякі теоретичні схеми, котрі застосовуються при інтерпретації явищ, їх поясненні.

Достовірне знання в результаті реалізуються в пояснюючій теоретичній схемі як єдність синтетичного і аналітичного, чуттєвого і раціонального. Відповідно, характерною властивістю методу Галілея – побудова наукової емпірії, яка різко відрізняється від повсякденного досвіду.



Галілео Галілей

На відміну від Аристотеля Галілей був переконаний, що справжньою мовою, якою можуть бути виражені закони природи, являється мова математики, він прагнув побудувати нову математичну базу для фізики, котра включала б в себе рух (створення диференційного числення).

Завдяки такому методологічному кроку Галілею вдалося здійснити «математизацію природи». Пояснення явищ, що походять з «сутностей», «якостей» речей (характерному для аристотелівської науки), було протиставлено переконання в тому, що всі якості походять з кількісних відмінностей в формі, русі, масі частинок речовини. Саме ці кількісні характеристики можуть бути виражені в точних математичних закономірностях.

Отже, зародження класичної науки і наукового методу традиційно пов'язують з революцією Коперніка – Галілея. Саме тут слід шукати витoki нового наукового світогляду.

В епоху Відродження змінюється методологічна парадигма мислення. Відбувається докорінний перелом у поглядах на природу: Всесвіт зі свідчення божественної могутності стає предметом дослідницького інтересу,

міфологема про творення світу змінюється натурфілософським вченням про безкінечність світу. Схоластичний раціоналізм поступається безпосереднім, вільним від зовнішнього авторитету формам пізнання, а санкціоноване церквою поклоніння Аристотелю змінюється шануванням Платона. В цю епоху наука поступово віддалюється від інших форм філософії, а також від релігії. Вона стає особливою, відносно автономною сферою культури і відкрито претендує на визначальну роль у формуванні світогляду і побудови картини світу.

Перебудова ідеалів і норм середньовічної науки, що почалася в епоху Відродження здійснювалася протягом досить довгого історичного періоду, коли новому змісту на перших порах гадали старі форми, а нові ідеї і методи існували поряд зі старими. Тому в науці Відродження ми зустрічаємо поряд з принципово новими пізнавальними установками (вимогою експериментального підтвердження теоретичних побудов, установкою на математичний опис природи) і доволі поширені прийоми опису та пояснення, що запозичені з минулої епохи.

Особливості класичної науки можна прослідкувати, розглядаючи її наукові програми.

2.4.1 Наукові програми класичної науки

2.4.1.1 Картезіанська наукова програма

Важливим кроком в формуванні класичної науки, нових ідеалів і норм наукового дослідження було створення картезіанської наукової програми. Її фундатором був французький математик, фізик і філософ **Рене Декарт** (1595–1650), який також відомий як *Cartesius*.

Кеплер і Галілей заклали основи наукової картини світу, але мрія Кеплера про створення нової фізики, де всі явища могли б бути пояснені за допомогою деякого фундаментального закону, котрий би приводив в рух світобудову подібно до того, як гиря приводить в рух механізм годинника, була ще далека до своєї реалізації. Першим, хто зробив істотний крок у виконанні цієї програми, був Декарт.



Рене Декарт

Пізнавальна діяльність Декарта відрізнялася прагненням проникнути в суть речей, дізнатися деякий фундаментальний принцип, з якого б усе інше отримувалося як необхідний наслідок. Він постійно роздумував про це, будучи інтуїтивно переконаним, що такий принцип обов'язково існує. В результаті своїх роздумів Декарт прийшов до висновку, що керівним принципом в пошуках істини є сумнів. Цей сумнів не є невіра в принципову непізнаваність всього сущого, але лише прийом для знаходження безумовно достовірного начала знань. Декарт стверджував, що людському розуму не дано достовірно знати, який саме метод був використаний богом, щоб створити речі такими, якими вони являються. Людський розум може лише висувати на цей рахунок більш чи менш правдоподібні гіпотези.

Задачу науки Декарт бачив в тому, щоб з отриманих очевидних начал, в яких більше не можливо сумніватися, вивести пояснення всіх явищ природи. При цьому наука повинна встановити не просто закон, що описує поведінку об'єкта, а знаходити причини всіх явищ в природі.

Попередня наука виглядала, на думку мислителя, як давнє місто з його позаплановими будівлями, серед яких, втім, зустрічаються і будинки дивовижної краси, але в якому незмінно криві і вузькі вулички. Нова наука повинна створюватися по єдиному плану і за допомогою наукового методу.

В якості інструменту пізнання Декарт розробляє свій метод, котрий повинен перетворити пізнання в організовану діяльність, звільнивши його від випадковостей, від таких суб'єктивних факторів, як спостережливість чи гострий розум, з одного боку, удача і щасливий збіг обставин, з іншої. Образно кажучи, метод перетворює наукове пізнання з кустарного промислу в промисловість, із випадкового знаходження істин – систематичне і планомірне їх виробництво.

Основні правила методу, розробленого Декартом такі:

- Починати з простого і очевидного, тобто ділити складне питання на найпростіші елементи, які можна сприймати ясно і неспростовно.
- З нього шляхом дедукції отримувати більш складні твердження, діяти при цьому так, щоб не було втрачено жодного ланцюга, тобто збережена неперервність ланцюга умовиводів.

Для виконання цих дій необхідні дві здібності розуму – інтуїція і дедукція. Зразком подібного методу, зразком строго і точного знання для

Декарту була математика, котрій повинна слідувати і філософія, щоб бути найбільш достовірною з наук.

Декарт вважав, що всезагальний і необхідний характер математичного знання витікає з природи самого розуму. Відповідно, головну роль в пізнанні належить дедукції, котра спирається на цілком достовірні інтуїтивно осяжні аксіоми. Згідно картезіанському раціоналізму (раціональність сприймається як всезагальна, абстрактна, позаісторична властивість людини, універсальний показний його розумності), логічними ознаками достовірного знання являються всезагальність і необхідність. Вони не можуть бути виведені з досвіду і його узагальнень, присущих розуму від народження, або із понять, що існують у вигляді задатків розуму.

Декарт прагнув до глобального пояснення світобудови, розкриття фундаментальних основ науки. При цьому він виходив з таких основних постулатів: уявлення про відсутність в світі пустоти і про наповненість Всесвіту матерією; ототожнення матерії та простору: незмінність бога, що обумовлює закон збереження кількості руху. Ототожнюючи матерію і протяжність і виганяючи з неї все, що пов'язано з традиційними уявленнями про форму і душу, Декарт формулює механістичне розуміння природи, механістичну картину світу. Головною ознакою матеріальної субстанції, головною відмінністю її від духовної, є подільність до безкінечності. Розуміння світу як гігантської системи тонко сконструйованих машин знімає яку-небудь відмінність між природнім і штучним, характерним для античної і середньовічної науки. Рослина – такий же механізм як і годинник, дія природних процесів, подібна діям механізму. В природі немає нічого неподільного – ця теза є одним з основних в науковій програмі Декарта. Отже, відкидаючи атомізм як філософське вчення, він приймає в його як фізичну гіпотезу у вигляді теорії корпускул, котра отримала загальне поширення в науці XVII-XVIII століть.

2.4.1.2 Атомістична наукова програма

Привабливість ідей атомізму для вчених XVII століття пояснюється, перш за все, прагненням механістично пояснити природні явища. Саме розуміння світу як машини спонукає звертатися до атомістичної гіпотези: адже машина побудована з певних елементів – деталей (атомів).

Проте популярність атомізму, імовірно, обмовлена і культурно-історичними факторами, зокрема тенденцією до «атомізації» самого суспільства в XVII-XVIII століттях. Руйнується феодальна суспільна структура, індивід звільняється від зав'язків і обмежень, що раніше визначали образ його життя. На перше місце виступає приватний капітал, тобто індивід веде себе як окремий атом, і із хаотичного руху атомів складається рівнодійна – тенденція розвитку суспільства.

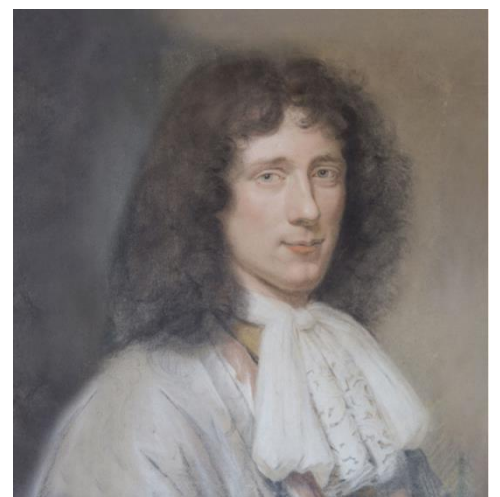
Атомісти XVII століття так само, як і картезіанці, прагнули до очищення механіки від всіх понять, котрі вони вважали недостатньо механістичними. При цьому картезіанці намагалися будувати механіку на основі ідеї неперервності матерії, а атомісти описували матерію дискретною.

З філософським обґрунтуванням атомізму в XVII столітті виступи **П'єр Гассенді** (1592-1655). Він протиставив Аристотелю і Декарту атомістичне вчення Епікура. Атом у Гассенді – фізично неподільне тіло. Всесвіт, котрий Гассенді, як і Епікур, вважає вічним і нескінченним, складається із атомів і пустоти. Пустота являється необхідною умовою можливості руху тіл. Всякий рух Гассенді зводить до переміщення атомів, всіяке ціле лише результатом механічного з'єднання частин. Всі процеси у Всесвіті підпорядковані необхідності.



П'єр Гассенді

На відміну від Декарта, котрий вважав матерію саму по собі позбавлену всілякої активності, Гассенді підкреслює початкову активність самої матерії: атоми постійно прагнуть до руху. Атомістичне пояснення було взято за основу при створенні кінетичної теорії матерії і розробки статистичної фізики.



Крістіан Хейгенс

Відмінність атомізму як наукової програми Нового часу від античного атомізму чітко видно в роботах одного з крупних представників цієї програми в XVII столітті – **Крістіана Хейгенса** (1629-1695). Хейгенс намагався дослідити рух, не

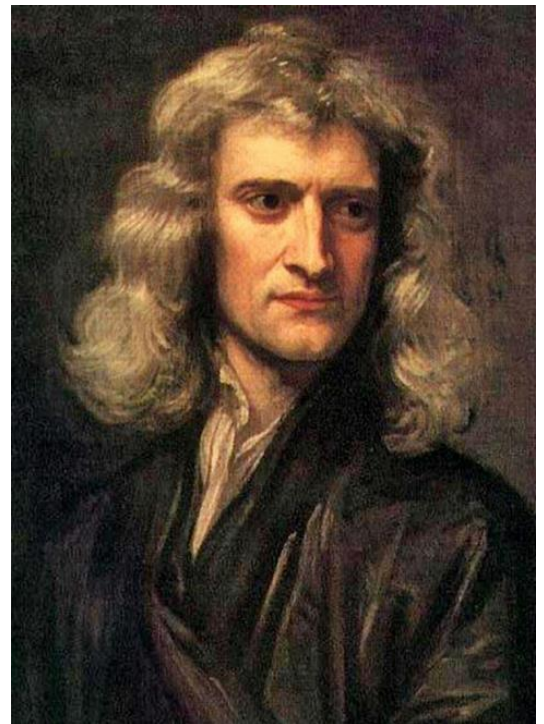
звертаючись до натурфілософського пояснення, але при розгляді проблеми падіння тіл все ж таки повернувся до картезіанської ідеї вихорів. Він підтримав картезіанську ідею ефіру, що бере свій початок в античній натурфілософії.

Еврістичність атомістичної наукової програми полягає в тому, що на її основі вчений може «ніби як бачити» ті процеси, котрі в дійсності не дані чуттєвому сприйняттю, але котрі в той же час мисляться як причини явищ, що сприймаються органами чуття. Іншими словами, атомізм дає зручну і ясну модель тих уявних конструкцій, котрі створює природодослідник.

2.4.1.3 Наукова програма Ньютона

В 1687 році вийшов у світ твір, який визначав розвиток природничо-наукової думки більше двохсот років – «Математичні начала натуральної філософії» **Айзека Ньютона** (1642-1727). В цій фундаментальній праці Ньютон запропонував світу нову наукову програму, яка досить швидко відтіснила інші програми.

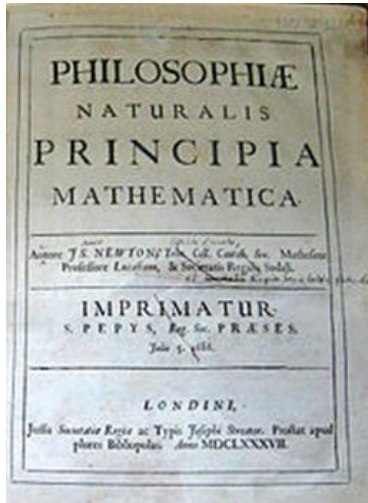
Однак, вихід цієї книги був під загрозою. Сам Ньютон конфліктував з **Робертом Гуком** і не хотів публікувати свої роботи. Гук часто звинувачував Ньютона в тому, що сьогодні б назвали плагіатом, тобто стверджував, що Ньютон крав його



Айзек Ньютон

ідеї. Проте Ньютона підтримав астроном **Едмунд Галлей**. Саме Галей переконав Ньютона опублікувати свою роботу. Гук знову висунув претензії на це відкриття, проте Галлей наполіг надати цьому докази, чого не було зроблено. Наступна проблема виникла після того, як робота була закінчена. Книга мала бути опублікована за кошт Лондонського королівського товариства, однак за рік до того вийшла книга «Історія риб», яка не мала попиту і виснажила бюджет організації. Тому всі витрати на видавництво взяв на себе Галлей, за що саме Товариство подарувало йому 50 примірників

«Історії риб». Сам Галлей використав роботи Ньютона для розрахунку траєкторії комети, яка нині носить його ім'я.



**Математичні
начала натуральної
філософії**



Роберт Гук



Едмунд Галлей

Свою наукову програму називав «експериментальною філософією», підкреслюючи при цьому, що в дослідженнях природи він спирається на досвід, який потім узагальнюється за допомогою методу індукції, використання якого раніше обґрунтував **Френсіс Бекон** (1561–1626). За допомогою цього методу Ньютон розробив класичну механіку як цілісну систему знань про механічний рух тіл. Його механіка стала класичним прикладом наукової теорії індуктивного типу і еталоном наукової теорії взагалі. Таким чином, Ньютон завершив побудову нової для того часу картини природи, сформулювавши основні ідеї, поняття, принципи, що склали механічну картину світу.



Френсіс Бекон

Основний зміст механістичної картини світу, створеної Ньютоном зводиться до таких моментів. Весь світ, весь Всесвіт (від атомів до людини) розумівся як сукупність величезної кількості неподільних і неподільних частинок, що переміщуються в абсолютному просторі і часі, взаємопов'язані силами тяжіння, які миттєво передаються від тіла до тіла через пустоту (ньютонівський принцип далекодії). Згідно цього принципу будь-які події

жорстко визначені законами класичної механіки так, що якби існував «всеохоплюючий розум», то він міг би їх точно передбачати і обчислювати.

Основними в механіці Ньютона являються поняття сили, маси, простору та часу, які органічно зв'язані між собою, і поза їх зв'язком неможливо осмислити зміст кожного з них. В цьому відношенні наукова програма Ньютона не відрізняється принципово від Декартової: вона представляє собою строго продуману систему принципів. Сам же зміст цих принципів радикально відрізняється як від картезіанських, так і від атомістичних. Якщо у Декарта властивості тіла зводяться до протяжності, форми і руху, якщо атомісти для визначення природи тілесного начала вводять ще непроникність (твердість), вважаючи його головною властивістю матерії, то Ньютон приєднує до перелічених властивостей ще одну – силу, і ця остання властивість стає у нього вирішальною. Сила, якою наділені всі тіла без виключення, як на Землі, так і в космосі, є, згідно Ньютона, тяжіння.

Важливе значення в розробці механістичної картини світу має закон інерції. У Ньютона закон інерції звучить так: вроджена сила матерії є присутня їй властивість опору, згідно якої кожне окремо взяте тіло утримує свій стан спокою або рівномірного прямолінійного руху. Закон інерції передбачає безкінечний ізотропний простір і однорідну матерію, з якої складається речовина як земних, так і космічних тіл. Обидві ці передумови однакові у Декарта і Ньютона, як, втім, і у двох інших наукових програм класичної науки – атомістичної та Лейбніца.

Проте якщо нескінченний ізотропний простір мислиться в картезіанській програмі як відносний, то у Ньютона вона отримує зовсім іншу інтерпретацію. Вводячи поняття і абсолютного простору і часу, Ньютон вступає в полеміку не лише з картезіанцями, але і з атомістами і з Лейбніцем. Разом з поняттям абсолютного простору і часу Ньютон вводить також поняття абсолютного руху. Ця концепція простору та часу як арени для руху тіл, властивості яких незмінні і незалежні від самих тіл, склала основу механістичної картини світу.

В числі вчених XVIII століття, які працювали в рамках наукової програми Ньютона, був **П'єр Сімон Лаплас** (1749–1827), видатний французький математик і астроном. Його п'ятитомний твір «Трактат про небесну механіку» ніби підсумував розвиток класичної механіки. Саме в

небесній механіці Лаплас, як і інші вчені XVIII століття бачать вершину механіки як науки в якій знаходять повне підтвердження принцип механістичного розуміння природу. Лаплас був повністю переконаний в тому, що фізика повинна бути зведена до механіки, а остання вирішує всі задачі шляхом диференційного обчислення. Достатньо проінтегрувати систему диференційних рівнянь, що описують рух всіх без виключенні тіл і частинок, що складають всесвіт, щоб отримати вичерпні знання про те, що є, що було і що буде. Всяка випадковість, згідно цієї програми, буде результатом нашого незнання.



П'єр Сімон Лаплас

Важливою особливістю функціонування механістичної картини світу в якості фундаментальної дослідницької програми – синтез природничо-наукового знання на основі редукції (спрощення) різного роду процесів і явищ до механічних. Незважаючи на обмеженість рівнем природознавства XVII століття механічна картина світу зіграла в цілому позитивну роль в розвитку науки. Вона давала природничо-наукове розуміння багатьох явищ природи, звільнивши їх від міфологічних і релігійних схоластичних трактувань. Вона орієнтувала на розуміння природи з її самої, на пізнання природніх причин і законів природніх явищ.

2.4.1.4 Наукова програма Лейбніца

З критикою ньютонівської наукової програми виступили багато вчених та філософів. Одні з них приділяли більше уваги принципам механіки Ньютона, інші – філософськими передумовами останньої.

Одним з критиків ньютонівської наукової програми був **Готфрід Вільгельм Лейбніц** (1646–1716). Він кваліфікує принцип тяжіння Ньютона (дії сил на відстані) як диво чи безглуздість на зразок окультних якостей схоластів. В світі природи, як був переконаний Лейбніц, все повинно бути пояснено виключно за допомогою механістичних начал. Природа – це механізм, тільки механізм в вищій степені досконалості. Не лише неорганічна природа, але і живі організми представляють собою машини.

Лейбніц заперечував абсолютність простору і часу та вважав, що тіла по суті є проявленням нематеріальних монад, що складають субстанціональне буття. Філософським ядром наукової програми Лейбніца стали його монади. На його думку, монада – це єдине, або одиниця. Вона не складається з частин, непоільна. Оскільки все матеріальне складається з частин, то монада не може бути матеріальною.



**Готфрід Вільгельм
Лейбніц**

В методології Лебніца відбувається зростання аналітичної компоненти порівняно з Декартом Ідеальним Лейбніц вважав створенні універсальної мови (обчислення), котра б дозволила формалізувати все мислення. Критерієм істинності він вважав ясність, чіткість знання та відсутності в ньому протирічч. Відповідно до цього для перевірки істин розуму достатньо законів логіки Аристотеля, для перевірки «істин факту» необхідний закон достатньої підстави.

Полеміка між Ньютоном і Лейбніцем не закінчилася зі смертю цих видатних вчених: боротьба між цими двома напрямками в науці тривала протягом всього XVIII століття. Принципи Лебніца відстоювали Йоган та Якоб Бернуллі і Крістіан Вольф, наукову програму Ньютона – Л.Єйлер, Вольтер, Даламбер.

2.4.2 Характеристики класичної науки

Отже саме в період Нового Часу наука сформувалася як суспільне явище. З точки зору постпозитивізму, перехід від донаукового чи протонаукового знання до класичної науки можна розглядати як приклад зміни парадигм чи науково-дослідних програм. При цьому в науці Нового часу співіснували декілька науково-дослідних програм – картезіанська, атомістична, ньютонівська та лейбніцівська. Незважаючи на всі відмінності, у них всіх був деякий загальний ідеал природознавства, відхід від якого вони оцінювали як повернення до середньовічної фізики з її принципом «прихованих якостей».

В цілому для класичної науки характерні такі ознаки:

- Розуміння науки як особливого раціонального способу пізнання світу, що ґрунтується на емпіричній перевірці чи математичному доведенні;
- Переконаність, що всі природні процеси повністю підпорядковані механічним законам;
- Природознавство вивчає тільки кількісно вимірювані параметри явищ природи і встановлює функціональні залежності між ними; строга науковість пов'язувалася з математикою;
- Опора на експеримент, що надає і перевіряє результати;
- Домінування аналітичного підходу, що керує мислення на пошук найпростіших, далі неподільних першоелементів реальності (редукціонізм);
- Розуміння предмета і об'єкта пізнання як об'єктивних, існуючих реально і незалежно від свідомості суб'єкту, поведінка яких підлягає дії строгих законів однозначно-детермінаційного характеру і описується певним математичним формалізмом;
- Існує потенційна можливість досягнення абсолютного знання про світ. Спрямованість наукового пізнання на досягнення, на реалізацію цієї можливості – методологічна вимога, що визначає направленість розвитку науки.

В період класичної науки в провідних країнах почали виникати спеціалізовані установи, діяльність яких спрямована на розвиток наукових знань, наприклад Лондонське королівське товариство (1660 рік) чи Французька академія наук (1666 рік). Цей період також характеризується диференціацією наук – виникнення окремих галузей науки – механіки, хімії, термодинаміки, електродинаміки, геології, ботаніки, зоології тощо. Більшість цих дисциплін починають викладатися в університетах.

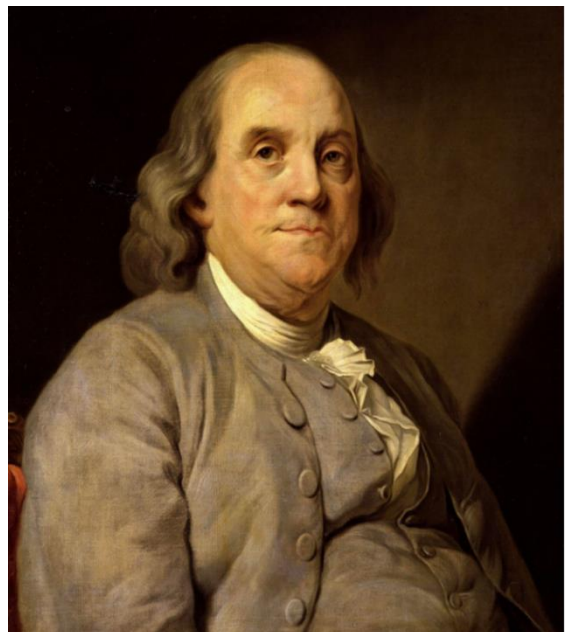
Слід відзначити, що в до XVIII сторіччя наука і виробництво майже не пересікали і існували одна від одного (одним з небагатьох виключень був Архімед), а розвиток науки на життя простої людини довгий час фактично ніяк не впливала. Була невелика кількість вчених і дилетантів, які цікавилися наукою як інтелектуальною грою для людей з високим рівнем розумових здібностей. Наука видавалася нудним абстрактним предметом, котрий не мав ніякого практичного сенсу. Коперник міг доводити, що Земля обертається навколо Сонця, Галілей міг переслідуватися за захист таких поглядів, Ньютон

міг розробити закони механіки, але здавалося, що це ніяк не відображається на житті фермера, риболова чи ремісника.

Звісно, до середини XVIII існували технологічні досягнення, що мали суттєвий вплив на життя звичайної людини, іноді навіть кардинально. Але здавалося, що це не мало ніякого відношення до науки. Це стосувалося навіть появи парового двигуна.

Відомий письменник-фантаст, менш відомий як професор біохімії Бостонського університету, Айзек Азімов, відмічав, що переломний момент трапився в 1752 році і поштовхом до цього послужила блискавка, яка до розглядуваного часу була причиною багатьох пожеж і смертей.

На той час вже були відомі деякі уявлення про електрику, також була відома конструкція, що називалася лейденською банкою (з точки зору сучасних уявлень – це конденсатор). Однак, незважаючи на подібність явищ при розряджанні конденсатора та грозі, досить довго не могли прийти до думки, що природа їх однакова. Саме в 1752 році американець **Бенджамін Франклін** (1706-1790) провів знаменитий дослід з повітряним змієм. В ході експерименту вдалося зібрати заряд від блискавки в лейденську банку. Тобто виявилось, що блискавка – це лише електричний заряд, що відрізняється від заряду лейденської банки лише величиною.



Бенджамін Франклін

Але було і важливіше спостереження. Франклін встановив, що електричний заряд проходить швидше і менш гучно через загострений кінець, ніж через тупий. Якщо до лейденської банки прикріпити голку, заряд витече через її гострий кінець, так швидко і безшумно, що не буде відчуватись ні іскри ні тріску. Отже це значить, що якщо загострений металевий стрижень помістити на вершині якоїсь будівлі і належним чином заземлити, то електричний заряд, що накопичить будівля під час грози, тихо розрядить накопичений в небі заряд, що різко зменшить імовірність удару блискавки і його трагічних наслідків.

Ефект від громовідводів був настільки сильний, що він дуже швидко поширився по Північній Америці та Європі. Він став першим продуктом науки, що став вадливим для кожної людини.

Остаточно наука стали нерозривними після поразки Наполеона. Франція важко переживала поразку, однак при аналізі причин поразки одна людина на ім'я Ніколя Саді Карно (1796-1832) звернула увагу на те, що Британія в великих масштабах використовувала паровий двигун. Після ретельного аналізу їх роботи він розробив теорію роботи теплових машин, що стало основою нової науки термодинаміки. Сучасна термодинаміка є основою як фундаментальних уявлень про природні процеси, так і багатьох видів технологічного і комунального обладнання.



Ніколя Саді Карно

Прийнято вважати, що період класично науки тривав до кінця XIX століття і відзначений роботою величезною кількістю вчених, один перелік яких може зайняти декілька десятків сторінок.

2.5 Криза класичної науки. Становлення некласичної науки. Проблеми розвитку постнекласичної науки

2.5.1 Передумови кризи класично науки і революція в природознавстві на межі XIX-XX століть

В кінці XVIII – на початку XIX століття відбуваються радикальні зміни в природознавстві. Починає розвиватися біологія, хімія, геологія та інші галузі знань, що приводить до виділення науки з натурфілософії, формування дисциплінарної організації науки. Натурфілософські системи природи, що були створені до XIX століття Кантом, Шелінгом, Гегелем, в XIX столітті уже не могли виконувати функції теоретичного аналізу і узагальнення наукових даних. Це було обумовлено, з одного боку тим, що натурфілософія давала абстрактну теоретизовану картину світобудови, в формуванні якої приймали участь етичні, естетичні і релігійні погляди, вона часто спиралася на

антропоморфні аналогії, емоційні аргументи і фантазії. І, з іншого боку, – тим, що натурфілософія XVII-XIX століть спиралася на механістичну картину світу. При цьому механіка прямо ототожнювалася з точним природознавством і її задачі, сфера її застосування здавалися безмежними.

Перехід до дисциплінарного природознавства обмежив сферу ідеалів механіки і сформував нову систему різноманітних, специфічних для кожної дисципліни ідеалів і норм, що відображають особливості різних предметів дослідження. В біології, хімії та інших галузях знань, формуються специфічні картини реальності, які не редуцуються до механістичної картини світу. Накопичуються факти, котрі все важче було узгодити з її принципами. Почався період розхитування механістичної картини світу, вона втрачає свій універсальний характер, розпадаючись на ряд окремонаукових картин. В середині XIX сторіччя вона остаточно втратила статус загальнонаукової. Стало очевидним, що закони ньютонівської механіки вже не можуть грати роль універсальних законів природи.

Цей процес протікав у мовах різкого посилення виробничої ролі науки, перетворення наукових знань в особливий продукт, що має товарну ціну і приносить прибуток при його використанні у виробництві. В цей період починає формуватися система прикладних і інженерно-технічних наук, як посередника між фундаментальними знаннями і виробництвом. Різні сфери наукової діяльності спеціалізуються і формуються відповідні цій спеціальності наукові товариства.

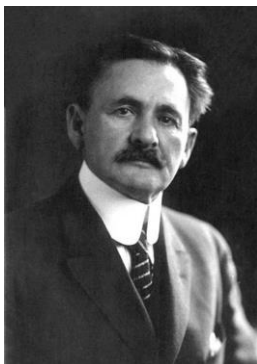
До середини XIX століття наука з переважно накопичувальної стає упорядковуючою. Відбувається розширення сфери експериментальних досліджень, посилюється значення уявного експерименту, при якому оперують ідеалізованими об'єктами. Посилюється процес математизації природознавства. В науку проникають ідеї розвитку.

Провідне місце в науці XIX століття, як і раніше займає фізика. Її лідерське положення пов'язане з новими відкриттями і розвитком нових розділів фізики – термодинаміки, електродинаміки, магнетизму, оптики. Відкриття закріплюються розвитком крупного машинного виробництва, технічним переворотом, пов'язаним з винайденням застосуванням різних видів машин. Разом з тим формується хімія, в рамках яких формується теорія будови (Д. Менделєєв, Й.-Я. Берцеліус).

Розвиток науки середини XIX сторіччя пов'язано з відкриттям законів збереження енергії (Ф. Майер, Дж. Джоуль, М.Р. Ленц), клітинної теорії живого (М. Шлейден, Т.Шван), теорії еволюції (Ж.-Б. Ламарк, Ч. Р. Дарвін, А. Р. Уолес, Т. Г. Гакслі). Ці закони вносили в науку нові ідеї і уявлення: про взаємозв'язок процесів (світло, теплота і хімічні процеси не ізольовані, а тісно пов'язані між собою), єдності будови рослин і тварин і ідею розвитку, еволюції. Вони надали потужний імпульс науковому прогресу, тому, середина XIX староріччя перетворилася в суцільне свято науки, давалося, що всі таємниці природи розкриті. Наука схилялася до уявлення про те, що сформована картина світу завершена в її фундаментальних основах. Дж. Томпсон писав про необхідність уточнити тільки деякі деталі – складнощі теорії теплового випромінювання та вимірювання швидкості світла в рухомих тілах.

Однак в кінці XIX – початку XX сторіччя:

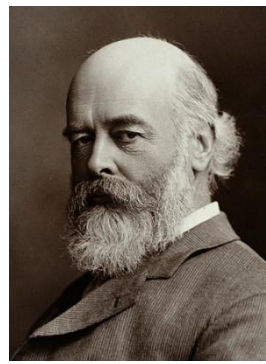
– Досліди А Майкельсона поставили під сумнів існування абсолютного простору, в якому швидкість світла повинна бути більша в напрямку руху світильника, а вона виявилася незмінною, постійною за величиною, незалежною від швидкості руху джерела світла.



**Альберт
Абрагам
Майкельсон**



**Генріх Рудольф
Герц**



Олівер Лодж



**Джеймс Клерк
Максвелл**

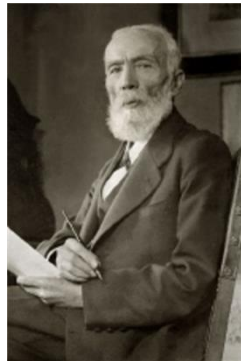
– Г. Герц та О. Лодж (1880-ті) експериментально підтвердили реальність електромагнітних хвиль і підтвердили теорію Дж. К. Максвела, яка була несумісна з механістичними уявленнями про світ.

– В 1895-1897 році були відкриті X-промені (І. Пуоюй, В. Рентген), радіоактивність (А. Беккрель) та електрон (Дж. Томсон), котрі спростували

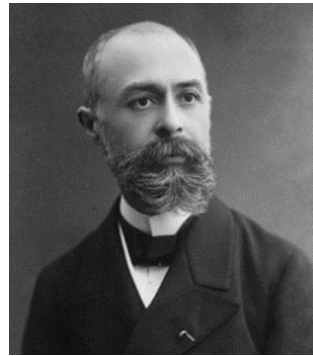
уявлення про атом як останній, неподільний елемент всесвіту і утвердили думку про складну будову атома.



**Вільгельм
Рентген**



Іван Пулюй

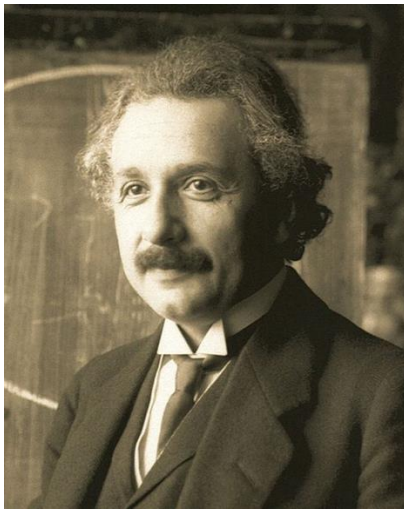


**Антуан Анрі
Беккерель**



**Джозеф Джон
Томсон**

– Спеціальна теорія відносності А. Ейнштейна поставила під сумнів положення про абсолютність простору, часу і руху і обґрунтувала ідею про взаємозв'язок простору і часу з рухомою матерією (сповільнення часу, викривлення простору).



Альберт Ейнштейн



Луї де Бройль



Вернер Гейзенберг

– В 1924-1930 рр. була експериментально підтверджена гіпотеза Луї Де Бройля про корпускулярно-хвильовій природі матеріальних утворень і, як наслідок цього, сформульовано співвідношення невизначеності (В. Гейзенберг) – про неможливість для мікрооб'єктів одночасно точно визначити координати та імпульс.

Нові відкриття не вкладалися в панівну механістичну картину світу, свідчили про її обмеженість. Постало питання про абсолютній істинності класичної механіки як теоретичної бази природознавства і оснований на їй

картині світу і про адекватність ідей та уявлень, що лежать в основі наукового пізнання. Фундаментальність природничо-наукового уявлення про матерію, простір, час, причинність потребували серйозного аналізу, в тому числі і філософського. Це призвело до усвідомлення кризи в природознавстві (перш за все в фізиці).

2.5.2 Становлення некласичної науки

Усвідомлення кризи в природознавстві приводить до необхідності корінної перебудови основ науки – перебудови наукової картини світу, ідеалів і норм пізнання.

Становлення нової наукової картини світу багато в чому пов'язано з формуванням нового образу детермінізму.

В кінці XIX – початку XX сторіччя почався перехід до нового типу раціональності, в основі якого лежить уявлення про нерозривність суб'єкта і об'єкта пізнання, неможливості усунення суб'єкта із наукової картини світу, зображення світу самого по собі, без урахування засобів і методів пізнання. Квантова механіка дала перші наглядні приклади і неспростовні докази про включення суб'єкта в той предметний світ, який він досліджує. Поведінка атомних об'єктів «самих по собі» неможливо різко відокремити від їх взаємодії з вимірювальними приладами, із засобами спостереження.

З появою квантової механіки на думку М.Борна, в фізику, незважаючи на строгі і точні методи, проникає «неусувна суміш суб'єктивного», виникає «філософська проблема, складність якої полягає в тому, що потрібно говорити про стан об'єктивного світу, за умови, що цей стан залежить від того, що робить спостерігач. Було усвідомлено, що без активної діяльності об'єкта отримання достовірного образу предмету неможливо.

Ідеали і норми некласичної науки характеризувалися відмовою від прямолінійного трактування існування об'єктів досліджень та розумінням відносності достовірності теорії та картини природи, що були вироблені на тому чи іншому етапі розвитку природознавства. На противагу ідеалу єдиної істинної теорії, що «фотографує» досліджувані об'єкти, допускається достовірність декількох відмінних один від одного підходів до опису однієї і тієї ж реальності, в кожному з них може міститися фрагмент об'єктивно-істинного знання. Осмислюються відношення між постулатами науки і

характеристиками методу, за допомогою якого освоюється об'єкт. В зв'язку з цим приймаються лише такі типи пояснення і опису, котрі в явному вигляді посилення на засоби і операції пізнавальної діяльності. Найбільш яскравим прикладом такого підходу виступають ідеали і норми пояснення, опису і доказів знань, що утвердилися в квантовій та релятивістській фізиці. Якщо в класичній фізиці ідеал пояснення і опису передбачав характеристику об'єкта «самого по собі», без згадувань про засоби його дослідження, то в квантовій та релятивістській фізиці в кості необхідної умови об'єктивності пояснення і опису висувається вимога чіткої фіксації особливостей засобів спостережень, котрі взаємодіють з об'єктом (класичний спосіб пояснення і опису може бути представлений як ідеалізація, раціональні моменти якої узагальнюються в рамках нового підходу).

Змінюються ідеали і норми доведення і обґрунтування знання. На відміну від класичних зразків, обґрунтування в некласичній фізиці передбачало пояснення при викладенні теорії основи системи понять, що вводиться (принцип спостережуваності), та встановлення зав'язків між новою і попередньою теорією (принцип відповідності).

Нова система пізнавальних ідеалів і норм забезпечувала значне розширення поля досліджуваних об'єктів, відкриваючи шляхи до освоєння складних систем, здатних до саморегулювання. На відміну від малих систем, такі об'єкти характеризуються рівненовою організацією, наявністю автономних і варіабельних підсистем, масовою стохастичною взаємодією їх елементів, існуванням керуючого рівня і зворотних зв'язків, що забезпечують цілісність системи. Саме включення таких об'єктів в процес наукового дослідження викликало різкі перебудови в картинах реальностей провідних галузей природознавства. Процеси інтеграції цих картин і розвиток загальнонаукової картини світу стали здійснюватися на основі уявлень про природу як складну динамічну систему. Цьому сприяли відкриття специфіки законів мікро- та макро-світу в фізиці і космології, інтенсивне дослідження механізмів спадковості в тісному зв'язку з вивченням надорганізмовим рівнем організації життя, виявлення кібернетикою загальних законів керування та зворотного зв'язку. Тим самим створювалися передумови для побудови цілісної картини природи, в якій прослідковувалася ієрархічна організованість Всесвіту як складної динамічної єдності. Картини реальності, що вироблялися

в окремих науках, на цьому етапі ще зберегли свою самостійність, але кожна з них приймала участь у формуванні уявлень, котрі потім включалися в загальнонаукову картину світу.

2.5.3 Проблеми формування постнекласичної науки

В дослідженні науки склалося уявлення про те, що в 70-ті роки ХХ сторіччя наукове знання пережило нові якісні трансформації. Це обумовлено:

- *Зміною об'єкта дослідження сучасно науки;*

Об'єктами сучасних досліджень все частіше стають системи, котрі характеризуються відкритістю і саморозвитком. Такого типу об'єкти поступово починають визначати і характер предметних областей фундаментальних наук, визначаючи вид сучасної, постнекласичної науки. Якщо на попередніх етапах наука була орієнтована переважно вивчення все більш вузького, ізольованого фрагмента дійсності, який виступав як предмет тої чи іншої наукової дисципліни, то специфіку сучасної науки визначають комплексні дослідницькі програми і міждисциплінарні та проблемно-орієнтовані форми дослідницької діяльності.

Організація міждисциплінарних досліджень багато в чому залежить від визначення пріоритетних напрямків, їх фінансування, підготовки кадрів тощо. В тому ж самому процесі визначення науково-дослідницьких пріоритетів поряд з власне пізнавальними цілями все більшу роль починають відігравати цілі економічного і соціально-політичного характеру.

- *Інтенсивним застосуванням наукових знань практично в усіх сферах соціального життя;*

- *Зміною самого характеру наукової діяльності котре пов'язано з революцією в засобах збереження і отримання знань.*

Комп'ютеризація науки поява складних і дорогих комплексів приладів, котрі обслуговують дослідницькі колективи і функціонують аналогічно засобам промислового виробництва змінюють вид науки і самі основи наукової діяльності.

Все це призводить, на думку ряду дослідників, до народження постнекласичної науки.

Ці трансформації посилюють ті тенденції в методології наукового пізнання, котрі сформулювалися в процесі становлення некласичної науки:

- Необхідність подолання неадекватного і спрощеного уявлення про об'єкт пізнання і про реальність як зовнішнього відносно об'єкту пізнання світу.

- Зняття протиставлення і відриву суб'єкта пізнання від об'єкта;

- Про редукцію, як основного методу пізнання.

Критичному перегляду піддаються уявлення, котрих не торкнулася неklasична наука. Це уявлення про наукове пізнання як:

- Процесі, котрий орієнтований на виявлення закономірностей загального і універсального характеру, причинних зав'язків і імовірних тенденцій і ігнорування особливого, одиничного і випадкового.

- Ціннісно-нейтральному процесі і відокремленні від суб'єкта пізнання його ціннісних орієнтацій.

- Кумулятивного процесу, в ході якого проводить нагромадження все нових знань і все більш адекватних теорій, що верифікуються в співставленні з емпіричною реальністю.

Суттєво трансформуються уявлення про раціоналізму, орієнтованому на логоцентризм як адекватний спосіб наукового пізнання, котрий приводить до ігнорування інших методів пізнання – інтуїції, уяви тощо.

Системи, що розвиваються, котрі стали предметом дослідження науки кінця ХХ століття, представляють собою більш складний тип об'єкта навіть порівняно з саморегульованими системами. Сама ж історична еволюція характеризується переходом від однієї стійкої системи до іншої, з новою рівневою організацією елементів і саморегуляцією. Система, що історично розвивається, формує з часом все нові рівні свої організації, причому виникнення кожного нового рівня впливає на раніше сформовані, змінюючи зв'язки і композицію елементів.

В природознавстві першими фундаментальними науками, що зіштовхнулися з необхідністю враховувати особливості систем, що розвиваються історично, були біологія, астрономія та науки про Землю. В них сформулювалися картини реальності, котрі включають ідею історизму і уявлення про унікальність об'єктів, що розвиваються (біосфера, Всесвіт, земля як система взаємодії геологічних, біологічних і техногенних процесів). В останні десятиліття на цей шлях вступила фізика. Уявлення про історичну еволюцію фізичних об'єктів поступово входить в картину фізичної реальності,

з одного боку, через розвиток сучасної космології (ідея «Великого вибуху» і становлення різних видів фізичних об'єктів в процесі історичного розвитку Всесвіту), а з іншого боку – завдяки розвитку ідеї термодинаміки нестійких процесів (І. Пригожин) і синергетики.

Орієнтація сучасної науки на дослідження складних систем, що історично розвиваються, суттєво перебудовують ідеали і норми дослідницької діяльності. Історичність системного комплексного об'єкта і варіативність його поведінки допускають широке застосування особливих способів опису і прогнозування його станів – побудова сценаріїв можливих ліній розвитку системи в точках зміни стану. З ідеалом будови теорії як аксіоматично-дедуктивної системи все більше конкурують теоретичні описання, основані на застосуванні методу апроксимації, теоретичні схеми, що використовують комп'ютерні програми. Природознавство починає все ширше використовувати принцип історичної реконструкції.

Зразки історичних реконструкцій можна знайти не лише в дисциплінах, що традиційно вивчають еволюційні об'єкти (біологія, геологія), але і в сучасній космології та астрофізиці.

Серед об'єктів сучасної науки особливе місце займають природні комплекси, в яких як компонент включена сама людина. Прикладами таких «людинорозмірних» комплексом можуть слугувати медико-біологічні об'єкти, об'єкти екології, включаючи біосферу в цілому (глобальна екологія), об'єкти біотехнології (в першу чергу генної інженерії), системи «людина-машина» (включаючи проблему «штучного інтелекту») тощо.

При вивченні «людинорозмірних» об'єктів пошук достовірного знання виявляється пов'язаною з визначенням стратегії і можливих напрямків практичного перетворення такого об'єкта, що безпосередньо стосується гуманістичних цінностей. В зв'язку з цим перетворюється ідеал «цінністно-нейтрального дослідження». Об'єктивне достовірне пояснення і опис відносно «людинорозмірних» об'єктів не лише припускає, але і потребує включенні ціннісних факторів до складу пояснюючих положень. Відмінність всіх нових методологічних установок і нових уявлень про досліджувані об'єкти приводить до суттєвої модернізації методологічних основ науки.

Наукове пізнання починає розглядатися в контексті його соціального буття, як особлива частина суспільства, котра визначається на кожному етапі

свого розвитку загальним станом розвитку культури даної історичної епохи, її цінністними орієнтаціями і світоглядними установками. Осмислюється історична мінливість не лише постулатів про існування, але і самих ідеалів і норм пізнання. Відповідно змінюється і збагачується зміст категорій «теорія», «метод», «факт», «обґрунтування», «пояснення» тощо.

Від наукової раціональності, котра розумілася як техніка оволодіння природою, необхідно знову звернутися до розуму як тої біологічної здатності, що дозволяє розуміти – розуміти смислову частину не лише дій біологічних об'єктів, але і явищ природи, взятих в їх єдності, в їх живому зв'язку.

Протягом більш ніж двох століть людство прагнуло головним чином змінювати природу. Однак, щоб не знищити її остаточно і покінчити, таким чином, з самими собою, нам необхідно повернути собі здатність розуміти природу. А значить – від надто вузької зрозумілої наукової раціональності перейти на всеосяжну точку зору. Сьогодні такий новий підхід до природи і розумінні само науки намагаються намітити і самі вчені, і філософи, досліджуючи нові тенденції як в самій науці так і в технології.

3. НАУКОВА ТЕРМІНОЛОГІЯ. ФОРМИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ

3.1 Основні терміни та визначення. Форми наукового пізнання

В будь-якій галузі людської діяльності одним з найважливішим питанням є правильне розуміння і використання термінології. Тому необхідно розглянути наукову термінологію, яка характерна для всіх галузей наук.

3.1.1 Проблема

Процес наукового пізнання починається з встановлення проблеми і постановки задач досліджень.

Проблема – це те, що не відомо і те що потрібно встановити, знання про незнання.

Постановка проблеми обумовлюється потребами практичної діяльності і протиріччями між існуючими теоріями і новими фактами. При її постановці важливо: по-перше, усвідомлення деякої ситуації як задачі, чітке розуміння сенсу проблеми, її формулювання з розмежуванням відомого і невідомого. Постановка проблеми включає в себе якесь попереднє знання шляхів її вирішення, для чого необхідний вихід за рамки досягнутого знання

А. Ейнштейн і Л. Інфельд підкреслювали, що сформулювати проблему набагато важливіше, ніж її вирішити; вирішення найчастіше залежить від уміння дослідника користуватися математичними і експериментальними методами. Для того, щоб поставити нове питання, відкрити нову можливість, подивитися на стару проблему з нової точки зору, необхідно мати творчу уяву, і тільки вона, головним чином рухає науку вперед.

3.1.2 Факт

Поняття факту не є таким, що розуміється само по собі, як здається на перший погляд. Аде фактом є і відсутність тих явищ, існування яких вважалося уже доведеним, якщо спростовані відповідні припущення і докази (наприклад існування флогістону в хімії). Похибки, ілюзії також факти – феномени свідомості і пізнання. Факти можуть бути безпосередньо сприйняті нашими органами чуттів; наявність фактів встановлюється також шляхом

опосередкованого спостереження, яке фіксує не самі факти, а впливи, які вони чинять на спостережуване явище, прямими і не прямими вимірюваннями. Нарешті, встановлення фактів можливе шляхом припущень, здогадок, гіпотез, котрі допускають існування деяких, невідомих науці фактів, якщо ці припущення, здогадки, гіпотези отримають в кінці кінців підтвердження.

Фактичне знання має сенс лише в зв'язку з певною теоретичною концепцією, котра служить його обґрунтуванням.

Сам по собі показ приладу не може розглядатися як науковий факт. Він стає їм тоді, коли співвідноситься з досліджуваним явищем, що обов'язково передбачає звертання до теорій, що описують роботу використовуваних приладів.

На відміну від даних спостереження факти – це завжди достовірна, об'єктивна інформація, такий опис явищ і зав'язків між ними, в якому зняті суб'єктивні нашарування. Тому неправомірно представляти факти як безпосередньо чуттєві відчуття або як твердження, що фіксують ці переживання, тобто протокольні речення, незалежні від теоретичного трактування. Будь-який науковий факт представляє собою одну з багатьох проекцій того чи іншого реального явища, отриманого з відповідною теоретичною точкою зору. Отже, залежно від характеру концептуального трактування одні і ті ж явища служать основою для «виробництва» різних фактів. Це можна виявити на прикладі теорій світла – копускулярній теорії Ньютона, хвильовій теорії Хейгенса та сучасній дуалістичній теорії.

Підсумовуючи сказане, можна сформулювати таке визначення.

Факт – це фрагмент реальності, виражений науковою мовою і включений в систему наукового знання шляхом відображення цих даних в понятійній системі деякої теорії.

3.1.4 Наукова ідея

Первинним поняттям при формуванні наукових знань є наукова ідея – форма відображення у мисленні нового розуміння об'єктивної реальності. Тому наукові ідеї є своєрідним якісним стрибком думки за межі раніше пізнаного. Вони виступають і як передумови створення теорій, і як елементи, що об'єднують окремі теорії у певну галузь знань. Ідея є основою творчого процесу, продуктом людського мислення, формою відображення дійсності.

Вона базується на наявних знаннях, виявляє раніше не помічені закономірності. Матеріалізованим вираженням наукової ідеї є гіпотеза.

3.1.5 Гіпотеза

Гіпотеза як форма знань – це науково обґрунтоване припущення, що виходить з фактів; проблематичне, недостовірне, імовірне знання; імовірне вирішення проблеми.

Жодна наукова гіпотеза не народжується в готовому вигляді, спочатку вона існує як гіпотеза. Гіпотез також виникає не одразу: з самого початку це попереднє припущення, здогадка. Вона найчастіше носить нестійкий характер, піддається модифікаціям. В результаті формується гіпотеза як найбільш вірогідне припущення, що спирається на силу психологічного переконання в її правдоподібності.

Основні вимоги до гіпотези:

- гіпотеза повинна бути сумісною з усіма фактами, котрих вона стосується; пояснювати їх і мати властивість передбачати нові факти;
- гіпотеза повинна бути доступною перевірці (емпіричному чи логічному доказу);
- гіпотеза повинна перевірятися на сумісність з фундаментальними принципами науки, як окремої наукової дисципліни, так і загальнонауковим принципам.

Наприклад, якщо фізик виявить, що його гіпотеза входить у протиріччя з принципом збереження енергії, він буде схильний відмовитися від такого протиріччя і шукати нове вирішення проблеми. Однак в розвитку науки бувають такі періоди, коли вчений схильний ігнорувати деякі (але не всі) фундаментальні принципи своєї науки. Це відбувається в періоди, коли необхідний докорінний перегляд фундаментальних принципів і понять. Наприклад, засновники електродинаміки були змушені відмовитися від принципу далекодії. М. Планк відмовився від принципу безперервної дії, який до цього в фізиці вважався недоторканим. Такого роду гіпотези Н. Бор і назвав «Божевільними ідеями». Але від здогадки до шизофренічної маячні їх відрізняє те, що відкидаючи один чи два принципи, вони не відкидають решту, узгоджуються з ними, що і обумовлює серйозність наукової гіпотези, що висувається.

Шляхи формування гіпотез: на основі емпіричного досвіду, за допомогою метода математичної гіпотези.

Перевірка гіпотез – емпіричне підтвердження чи спростування. Однак емпіричне підтвердження наслідків і гіпотези не гарантують її достовірність, а спростування одного із наслідків не свідчить однозначно про її хибність в цілому. Відповідно гіпотези у своєму розвитку проходять три стадії:

- Накопичення фактичного матеріалу і висунення на його основі припущень;
- Формулювання та обґрунтування гіпотези;
- Перевірка отриманих результатів на практиці на їх основі уточнення гіпотези.

Якщо отриманий практичний результат відповідає припущенням, то гіпотеза перетворюється на наукову теорію, тобто стає достовірним знанням. На практиці може сформулюватися декілька гіпотез щодо одного і того ж самого невідомого явища, оскільки будь-яке явище багатогранне і пов'язане з іншими. Наявність різних гіпотез забезпечує той різнобічний аналіз, без якого не можливе строге наукове узагальнення.

Всі спроби побудувати ефективну логіку підтвердження і спростування теоретичних пояснювальних гіпотез поки що не увінчалися успіхом. Тому статус пояснювальної теорії отримує та гіпотеза яка має максимальну ефективність і передбачувальну силу.

3.1.6 Докази

Процедури, за допомогою яких встановлюється правильність бідь-якого твердження, називаються доказами. Докази використовуються як у науці, так і в практичній діяльності людей. Доказами можуть бути результати експериментів чи спостережень, археологічні та палеонтологічні знахідки, математичні процедури (доведення теорем, розв'язки математичних моделей) тощо. У доказах застосовують два способи встановлення правильності гіпотези: безпосередній і опосередкований.

При безпосередньому способі правильність встановлюється в процесі практичних дій – це може бути демонстрація, вимірювання, розрахунок, облік тощо.

При опосередкованому способі, доказ є логічною процедурою встановлення правильності будь-якого твердження за допомогою інших тверджень, правильність яких уже доведена, у структурі доказів можуть бути такі елементи: теза, аргумент і демонстрація.

Теза – це систематизований виклад основних положень, думок, спостережень, в ній відсутні деталі, пояснення, ілюстрації тощо.

Аргумент – достовірне судження, за допомогою якого в процесі логічного доведення встановлюється достовірність тези. Основними видами аргументу є: очевидні положення, аксіоми, факти, закони науки, визначення понять тощо.

Демонстрація (ілюстрація) – це форма зв'язку між аргументами та тезою (макети, таблиці, схеми).

3.1.7 Закон

Основу науки складають закони – відкриті сталі зв'язки між явищами.

Внутрішній стійкий взаємозв'язок явищ в природі і суспільстві, що зумовлює їх закономірний розвиток, визначає закон. Це категорія, що відображає істотні, загальні, стійкі повторювані об'єктивні внутрішні зв'язки в природі, суспільстві і мисленні. Закон здійснюється через сукупність одиничних, випадкових, мінливих, неповторюваних відношень та функціонування речей. Закон фіксує спільність явищ.

3.1.8 Теорія

В широкому сенсі теорія – це комплекс уявлень, ідей і поглядів, що мають за свою мету пояснення та трактування тих чи інших явищ і процесів. У вузькому – найбільш розвиненою формою організації наукового знання, покликана дати більш-менш цілісне уявлення про закономірності, сутнісні характеристики певної сфери природної та соціальної дійсності.

Простий опис чи систематизацію фактів не можна вважати теорією. Вона обов'язково передбачає не лише опис, але й пояснення. Пояснення включає розкриття закономірностей і причинно-наслідкових зав'язків в тих процесах і феноменах, котрі даною теорією покриваються.

Теорія – це система достовірного, об'єктивного, доведеного, перевіреного практикою, знання сутнісних характеристик певного фрагменту реальності.

Основні компоненти теорії:

- Вихідна емпірична основа, котра включає множину зафіксованих в даній галузі знань фактів, що отримуються в експериментах і вимагають теоретичного пояснення.
- Вихідна теоретична основа – множина припущень, постулатів, аксіом, загальних законів, теорій, які в сукупності описують ідеалізований об'єкт.
- Множини допустимих в рамках теорії правил логічного виведення і доведення.
- Сукупність виведених в теорії тверджень з їх доказами, що становлять основний масив теоретичних знань.
- Закони (різного ступеня узагальненості), котрі виражають суттєві, стійкі, повторювані, необхідні зв'язки між явищами, що охоплюються даною теорією.
- Поняття і категорії даної теорії.
- Припущення, гіпотези.

Іноді в структурі наукової теорії виділяються формальні обчислення – логічний апарат теорії (математичні рівняння, логічні символи, правила), і змістовну інтерпретацію.

Побудова і трактування змістовної частини теорії пов'язані зі світоглядом вченого, що визначається методологічними принципами, історичним рівнем розвитку науки і техніки.

Сучасне наукове знання не являється простим набором окремих теорій. Воно представляє собою складне багаторівневе утворення, що об'єднує в себе достатньо цілісну систему фундаментальних і прикладних теорій, феноменологічних (таких, що описують явища) і аксіоматизуючих теорій. Можна говорити про ієрархію теорій: невелика кількість фундаментальних теорій; широка сукупність спеціальних теорій, багаточисленні теоретичні моделі, що застосовуються до експериментальних пристроїв і розробок технічних наук.

Наукові теорії, що ґрунтуються на пізнанні об'єктивних законів природи, дозволяють передбачити явища, які можуть виникнути в майбутньому як результат дії цих законів (теорія електромагнітних хвиль Дж. К. Максвела передбачали існування радіоактивного випромінювання та Х-променів, які пізніше були виявлені експериментально).

Розглянемо деякі з компонентів теорії.

Первинною ланкою в процесі пізнання є накопичення наукових **фактів**, які стають складовою наукових знань лише після їх систематизації за допомогою понять, абстракцій, визначень.

Поняття є відображенням найбільш суттєвих і властивих предмету чи явищу ознак. Вони можуть бути загальними, частковими, збірними, абстрактними, конкретними, абсолютними і відносними.

Зміст поняття – це сукупність об'єднаних у ньому ознак і властивостей. Розкриття змісту поняття називається визначенням. У процесі розвитку наукових знань визначення можуть уточнюватися, доповнюватися у змісті новими ознаками. Визначенням, як правило, завершується процес дослідження. Найбільш узагальнені й фундаментальні поняття називаються категоріями. Це форми логічного мислення, в яких розкриваються внутрішні суттєві сторони і відносини досліджуваного предмету.

Аксіома – це положення, яке сприймається без доказів у зв'язку з їх очевидністю.

Постулат – це твердження, яке сприймається в межах певної наукової теорії, як істина без доведення і виступає в ролі аксіоми.

Основою великих теоретичних узагальнень є принципи.

Принцип – це головне вихідне положення будь-якої наукової теорії, вчення, науки чи світогляду, виступає як перше і найабстрактніше визначення ідеї, як початкова форма систематизації знань.

3.1.9 Концепції

Концепція – система поглядів, що виражають певний спосіб бачення, розуміння явищ і процесів, що включають в себе складний конгломерат логіко-теоретичних, філософських, соціальних, психологічних компонентів. Це більш загальна, ніж теорія, форма системної організації знання.

В соціогуманітарному знанні концепція може бути формою знання, яка «замінює» собою теорію.

Концепція вводить в теоретичні дискурси дисциплін їх вихідні принципи, що визначають базисні поняття – концепти і схеми мислення, формуючи фундаментальні витання. Це по суті форма організації знання на метатеоретичному рівні.

Методологія постнекласичної науки особливу увагу дослідженню концептуальної організації наукових знань.

3.2 Мова науки

Мова кожної науки служить для комунікації між вченими даної області і для вираження наукових результатів. Поняття конкретних наукових дисциплін в систематичному і точному виді представлені в підручниках, які акумулюють в себе всі досягнення даної дисципліни. Освоюючи підручник, майбутній спеціаліст засвоює погляд на світ своєї науки, її результати і методи.

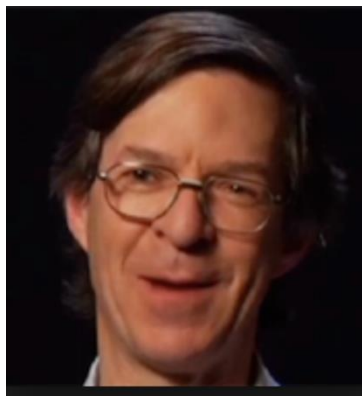
Необхідність в особливій науковій мові виникає, оскільки повсякденна мова не здатна виходити за межі аналізу наявної практики людини. Поняття і визначення науки повинні бути чіткими і однозначними на відміну від багатозначності повсякденної мови. Мова науки відкриває можливість конструювання і оперування ідеалізованими моделями дійсності.

Мова постійно розвивається. Мова сучасної науки суттєво відрізняється від природної людської мови. Вона містить багато специфічних термінів, виразів, в ній широко використовується засоби формалізації, серед яких центральне місце належить математичній формалізації. Виходячи з потреб науки, створюються різні штучні мови, призначені для вирішення тих чи інших задач, одними з яких є мови програмування. Вся множина створених і створюваних штучних формалізованих мов входить до мови науки, створюючи потужний засіб наукового пізнання.

Однак, на жаль, мова науки може використовуватися не лише як засіб пізнання. Фізик і науково-популярний блогер Семен Єсилевський наводив декілька прикладів зловживань наукоподібними формулюваннями в дисертаціях з педагогіки. Така практика дозволяє малозначущу і тривіальну

роботу подати у вигляді складного наукового результату, по суті, напустивши пилу в очі. Така практика вилилася в декілька резонансних скандалів, наприклад зняттям з захисту дисертації О. Гавелі, в якій нібито була розроблена «квантово-орбітальна теорія культурології»; судового позову Ю. Теслі, автора так званої «теорії несилової взаємодії», проти математика І. Єгорченко, через звинувачення у псевдонауці; «лептонного бога» в дисертації К. Кириленко тощо. Наразі, проблема з подібними фальсифікаціями залишається не вирішеною.

Однак, така проблема характерна не лише для української педагогічної науки. Наприкінці дев'яностих вийшла книга фізиків американця Алана Сокала та бельгійця Жана Брікмора «Інтелектуальні виверти» (в 1998 році французькою мовою, а в 1999 – англійською), в якій жорсткій але обґрунтованій критиці була піддана сучасна філософія постмодернізму. При чому проблема «зростання складності» стояла також на центральному місці. Книжка швидко стала бестселером, а додаткову популярність принесла яскрава рецензія британського біолога і популяризатора науки Річарда Докінза, яка пізніше була поміщена в збірнику науково-популярних есе «Капелан Диявола».



Алан Сокал



Жан Брікмон



Річард Докінз

Підґрунтям для написання книги став жарт Алана Сокала, який написав статтю в науковий журнал «Social Text». Це видання Університету Д'юка, яке присвячене питанням культурології, постмодернізму та гендерним дослідженням. Сама стаття мала назву «Переступаючи границі: до трансформативної герменевтики квантової гравітації» (Оригінальна назва «Transgressing the Boundaries: Toward a Transformative Hermeneutics of Quantum Gravity»). Стаття являла сабою пародію на постмодерністські

філософські тексти і була перевантажена науковоподібними конструкціями, однак не мала жодного фізичного сенсу. Крім того, Сокал цілеспрямовано вніс в статтю велику кількість очевидних наукових ляпів, які за словами Докінза помітив би будь-хто, хто має хоча б ступінь бакалавра з фізики. Тим не менше стаття була опублікована, хоча в журналах такого рівня «сліпе» рецензування є необхідною умовою існування.

На жаль, мова науки, крім шахрайства дає ще один негативний ефект. Вона створює враження від науки як чогось неймовірно складного, набагато складнішого за інші види людської діяльності. Частково, це відповідає дійсності, освоїти наукові методи непросто, однак так само непросто стати вмілим майстром в бізнесі, мистецтві чи спорті.

Айзек Азімов відмічав, що саме мова науки є однією з причин такого ставлення, що і спонукало його написати науково-популярний словник саме з такою назвою. В передмові до цієї книги було відмічено таке [29]:

«Переступивши поріг будь якої її [науки] області, ви зустрічаєтеся з цілим світом нових слів: тут і слова, котрі виглядають і звучать біль, ніж дивно, і довгі слова, які важко вимовити, і слова, з якими ніколи не зустрічаєшся в повсякденному житті. Здається, вчені спеціально приховують свої таємниці від прости смертних, накидаючи на них ковдру таємниці.

Але заради справедливості слід сказати, що науковий словник – це не неприступна стіна, а скоріше місток, який дозволяє вступити в країну науки. Це особливо добре видно, коли наукові поняття названі звичайними, побутовими словами. Візьмемо для прикладу слово «робота». Для вченого – робота – це рух проти сили опору. Так, якщо ви піднімаєте камінь проти сили тяжіння чи забиваєте цвях в деревину, яка опирається, ви виконуєте роботу. Однак, якщо ви тримаєте багаж на висоті півметра над землею, але при цьому не рухаєтеся або марно намагаєтеся вбити цвях в сталеву пластину, роботи в поняттях фізики ви не здійснюєте, хоча те що ви робите, фізично вас стомлює і ви назвете це роботою.

Природньо тому, що, вперше, зустрівши в курсі фізики з визначенням слова «робота», учень відчуває деякий подив. І у всякому випадку дивує, чому фізики не придумали свого власного слова для назви роботи.

В більшості випадків такі слова дійсно створюються, найчастіше в основі їх лежать слова грецької та латинської мови. І не випадково: ще на зорі сучасної науки, в XVI столітті, латина була мовою вчених. По тих часах освідченні люди обов'язково володіли латинською мовою, іноді читали грецькою. Всі наукові трактати писалися лише латиною. Так що створення термінів на основі цих мов було звичною справою. Така практика збереглась і тоді, коли латина та грецька втратили своє значення в освітніх програмах. Інерція відіграла тут свою позитивну роль. Дотримання в словотворі «мертвих» мов, науковий словник залишився багато в чому міжнародним. Більшість наукових термінів, наприклад, російською, звучить так само як і англійською. І це дуже важливо: штучні бар'єри між вченими різних країн неминуче сповільнив розвиток науки, і якби вчені кожної країни мали власний науковий словник, то разом з тим мовний бар'єр посилювався б науковим».

Тим не менше, спеціальна наукова термінологія є необхідною, тому її освоєння є нагальною необхідністю. Однак, як і в усіх інших сферах діяльності не слід впадати в крайнощі.

3.2.1 Математика як мова науки

Математика є не лише наукою, але і мовою науки. Вона виявляється засобом для точного вираження наукової думки, для вираження та функціональних і структурних відношень досліджуваних явищ, формулювання законів.

Переваги мови математики:

- Більш точна і коротка порівняно з природною мовою;
- Дозволяє точно і однозначно формулювати кількісні закономірності, які характерні для досліджуваних явищ.

Кількісна мова рівнянь, функцій і інших понять служить для опису різноманітних процесів, що вивчаються в конкретних науках. Вона відіграє основну роль в математизації цих наук. Поряд з нею і в математиці, і в її додатках використовуються різні формалізовані мови. Формалізована мова будується не для кількісного опису реальних явищ, а для логіко-математичного аналізу наукових теорій, їх структури, доведень. Функції математики і формальної логіки, котрі представлені у вигляді обчислень сучасної символічної логіки, і полягає в тому, щоб надати науці достатньо

розроблений і спеціалізований інструментарій алгоритмів можливих формально-аналітичних дій з наявним знанням.

Піонери науки були переконані, що роль математики в окремих науках буде зростати по мірі їх розвитку. Крім того, були висунуті ідеї, що в майбутньому в математиці виникнуть нові структури, котрі відкриють нові можливості формалізувати, не лише природниці науки, але в деякій мірі і мистецтво. Найважливіше при цьому те, що математика дозволяє інтуїтивні ідеї і гіпотези в формі, що допускає кількісну перевірку.

Прагнення «охопити науку математикою» в цілому ряді областей сприяло величезному прогресу науки XIX та XX століть. Однак математичні символи не можуть охопити всю реальність і прагнення до цього в ряді галузей знань приводить не до поглиблення, а до обмеження сили наукових досягнень. Важко не помітити, що успіхи математизації іноді провокують бажання перевантажити свою роботу цифрами і формулами (часто без потреби), щоб надати їй «солідності та науковості».

Математичні методи необхідно застосовувати розумно, щоб вони не «заганяли вченого в клітку» штучних знакових систем, не дозволяючи йому дотягнутися до живого, реального матеріалу дійсності. Кількісно-математичні методи повинні ґрунтуватися на конкретному якісному, фактичному аналізі даного явища, інакше вони можуть виявитися хоча і модною, але необґрунтованою фікцією, яка нічому не відповідає.

Абстрактні формули і математичний апарат не повинні затуляти (а тим більше витісняти) реальний зміст досліджуваних процесів. Застосування математики неможна перетворювати в просту гру формул, за якою не стоїть об'єктивна дійсність.

3.2.2 Особливості комп'ютеризації наукових досліджень

Особливу роль в сучасній науці відіграють новітні інформаційні технології і комп'ютерна техніка. Їх вплив на науку – різноманітний.

Використання комп'ютерної техніки приводить до:

- Виникнення нових методів дослідження;
- Розвитку засобів і методів формалізації і математизації науки;
- Виникнення нових наукових напрямків досліджень;
- Зміни характеру наукового пошуку.

В силу ускладнень практичного характеру або неможливістю проведення натурного експерименту звичайний експеримент замінюють обчислювальним експериментом (наприклад, експериментальні дослідження проблем ядерної енергетики, ряду проблем освоєння космосу, експериментів за контролем клімату тощо). В подібних випадках саме обчислювальний експеримент відкриває широкі перспективи, оскільки він порівняно дешевий, легко керується, в ньому можна «створювати умови», які не можливо досягнути в лабораторіях. При цьому експериментування проводиться з математичними моделями, однак його методика має певну подібність до реального експериментам.

Поширення обчислювального експерименту стало можливим, по-перше, завдяки появі комп'ютерів, які працюють в режимі діалогу; по-друге, узагальненню теорії та практики програмування і розробки числових методів і алгоритмів вирішення математичних задач і, нарешті, по-третє, розвитку і удосконаленню методів побудови математичних моделей, використання з цією метою мови не лише класичної, а й сучасної математики.

В обчислювальному експерименті комп'ютер виступає не лише як обчислювальний засіб подібно до калькулятора, а як достатньо досконалий інструмент для знакового моделювання різноманітних процесів, що допускають формальний і алгоритмічний опис.

Створення аналітичного програмування виявило суттєвий вплив процесів комп'ютеризації на сферу теоретичного дослідження. Воно дозволяє комп'ютеру безпосередньо працювати з математичними формулами – проводити перетворення, викладки тощо (в небесній механіці, фізиці плазми, гідродинаміці, квантовій хімії). Створення і застосування комп'ютерної графіки дозволило візуалізувати багато видів наукової інформації і створило принципово нові можливості для дослідження, оскільки не завжди результати наукових досліджень можна виразити в текстовій формі.

Комп'ютери включаються в науковий пошук на всіх стадіях, що приводить до підвищення ефективності і якості наукового пошуку і проведення наукового експерименту.

3.4 Наукова картина світу

Однією з основ науки є наукова картина світу – цілісна система уявлень про загальні властивості і закономірності дійсності, побудована в результаті узагальнення і синтезу фундаментальних наукових понять та принципів. Вона складається в результаті синтезу знань, що отримуються в різних науках, і містить загальні уявлення про світ, що виробляються на відповідних стадіях їх історичного розвитку.

Наукова картина світу включає в себе уявлення про:

- Фундаментальні об'єкти, з яких, як вважаються, побудовані інші об'єкти, що вивчаються відповідною наукою (спершу такими об'єктами вважалися атоми, пізніше – протони, нейтрони і електрони, а зараз елементарні частинки (кварки, лептони, баріони));
- Типологію досліджуваних об'єктів;
- Загальні особливості їх взаємодії;
- Просторову-часову структуру реальності.

Всі ці уявлення можуть бути описані в системі постулатів про існування, за допомогою яких описується картина досліджуваної реальності і котрі виступають як основи наукових теорій відповідної дисципліни. Наприклад, постулати, згідно яких світ складається з неподільних атомів і їх взаємодія здійснюється як миттєва передача сил по прямій; атоми і утворені з них тіла переміщуються в абсолютному просторі з плином абсолютного часу, описує картину світу, що склалася в другій половині XVII століття, яка отримала в подальшому назву механічну картину світу.

Перехід від механічної до електродинамічної (остання чверть XIX століття), а потім до квантово-релятивістської картини фізичної реальності (перша половина XX століття) супроводжувалася змінами системи базових принципів фізики. Особливо радикальною вона була в період становлення квантово-релятивістської фізики (руйнування принципів неподільності атомів, існування абсолютного простору-часу, дефемінізації, тобто визначеності фізичних процесів).

Формування наукової картини світу завжди протікає не лише як процес внутрішньонаукового характеру, але і як взаємодія науки з іншими областями культури.

При чому ця взаємодія здійснюється не лише в сфері духовної культури, але і через опредмечування наукових знань у виробництві, що призводить до створення нових об'єктів штучного матеріального середовища, котрі в свою чергу, стають еталонними формами і основою для створення нових предметних образів, з якими оперує людське мислення. В процесі становлення і розвитку картин світу наука активно використовує образи, аналогії, асоціації, що коренями ідуть в практично-предметну діяльність людини (образи молекули, хвилі, суцільного середовища, образи співвідношення цілого і часткового як наглядних уявлень про систему організації об'єктів тощо). Цей шар наглядних образів входить в картину досліджуваної реальності і багато в чому робить її зрозумілою і «природньою» системою уявлень про світ.

В цьому сенсі наукова картина світу розвивається, з одного боку, під безпосереднім впливом нових теорій та фактів, які постійно співвідносяться з нею, а з іншої – відчуває на собі вплив домінуючих цінностей культури, міняється в процесі історичної еволюції, чинячи на них активний зворотній вплив.

Наукова картина світу стає основою для формування узагальненої характеристики предмету досліджень, забезпечує систематизацію знань в рамках відповідної науки. З нею пов'язані різні типи теорій наукової дисципліни (фундаментальні і прикладні), а також експериментальні факти, на які спираються і з якими повинні бути узагальнені принципи картини реальності. Одночасно вона функціонує і як дослідницька програма, котра цілеспрямовує постановку задач емпіричного і теоретичного пошуку і вибір засобів їх вирішення. Тому руйнування картини реальності означає зміни глибинної стратегії досліджень і завжди представляє собою наукову революцію.

Крім того, існують кремі картини світу, для кожної наукової дисципліни (окремонаукові картини світу). В зв'язку з цим доцільно розглянути класифікацію наук. Хоча це питання досить умовне.

3.5 Класифікація галузей науки

Власне, саме матеріальні об'єкти природи визначають існування багатьох галузей знань, об'єднаних у три великі групи наук, які розрізняються за предметами та методами дослідження:

- **Природничі** (фізичні, хімічні, біологічні, геологічні тощо), науки, предметом яких є різні види матерії та форми їхнього руху, їх взаємозв'язки та закономірності.

- **Технічні** (хімічна технологія, радіотехніка, машинобудування, автоматизоване керування процесами), предметом яких є дослідження конкретних технічних чи технологічних об'єктів та процесів, їх характеристик та взаємозв'язків.

- **Суспільні** (економічні, лінгвістичні, історичні, педагогічні тощо), науки, предметом яких є дослідження соціально-економічних, політичних та ідеологічних закономірностей розвитку суспільних відносин.

На межі між природничими, суспільними, технічними науками розвиваються нові суміжні галузі науки, як технічна кібернетика, ергономіка, біоніка, біофізика, технічна естетика, тощо. Також зростає роль міждисциплінарних зав'язків та проблемно орієнтованих напрямків досліджень, які потребують залучення фахівців з різними спеціальностями. Класичним прикладом є проблема створення штучного ока. Для вирішення цієї задачі необхідні фахівці в галузі нейрофізіології, оптики, електроніки, біомедичної інженерії, матеріалознавства, а також деяких інших.

Крім того, за своєю спрямованістю, за безпосереднім відношенням до практики окремі науки розділяють на **фундаментальні** і **прикладні**. Завданням фундаментальних наук є пізнання законів, що керують поведінкою і взаємодією базисних структур природи, суспільства й мислення. Безпосередня мета прикладних наук – застосування результатів фундаментальних наук для вирішення не тільки пізнавальних, але й соціально-практичних проблем. Тому тут критерієм успіху служить не тільки досягнення достовірного знання, але й міра задоволення соціального замовлення. На стику прикладних наук і практики розвивається особлива область досліджень – розробки, що переводять результати прикладних наук у форму технологічних процесів, конструкцій, промислових матеріалів і т.п.

Прикладні науки можуть розвиватися з перевагою як теоретичної, так і практичної проблематики. Наприклад, у сучасній фізиці фундаментальну роль відіграють електродинаміка і квантова механіка, додаток яких до пізнання конкретних предметних областей утворить різні галузі теоретичної прикладної фізики – фізику металів, фізику напівпровідників тощо. Подальший додаток їхніх результатів до практики породжує різноманітні практичні прикладні науки – металознавство, напівпровідникову технологію і таке інше, прямий зв'язок яких із виробництвом здійснюють відповідні конкретні розробки. Усі технічні науки є прикладними.

Як правило, фундаментальні науки випереджають у своєму розвитку прикладні, створюючи для них теоретичний заділ. У сучасній науці на частку прикладних припадає до 80-90% усіх досліджень і асигнувань. Одна з нагальних проблем сучасної організації науки – встановлення міцних, планомірних взаємозв'язків і скорочення строків руху в рамках циклу "фундаментальні дослідження – прикладні дослідження – розробки – впровадження".

В Україні до 2015 року існувала класифікація наук і наукових спеціальностей, затверджена Вищою атестаційною комісією за погодженням з Міністерством освіти і науки України та Державним комітетом у справах науки і технології. Відповідно до неї основними галузями науки були такі:

01. Фізико-математичні науки.
02. Хімічні науки.
03. Біологічні науки.
04. Геологічні науки.
05. Технічні науки.
06. Сільськогосподарські науки.
07. Історичні науки.
08. Економічні науки.
09. Філософські науки.
10. Філологічні науки.
11. Географічні науки.
12. Юридичні науки.
13. Педагогічні науки.
14. Медичні науки.

16. Ветеринарні науки.
17. Мистецтвознавство.
18. Архітектура.
19. Психологічні науки.
20. Військові науки.
21. Національна безпека.
22. Соціологічні науки.
23. Політичні науки.
24. Фізичне виховання та спорт.
25. Державне управління.

В кожній галузі виділялися окремі спеціальності, даний посібник призначений для студентів інженерно-хімічного факультету, освітня спеціальність яких відповідає науковій 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології.

В 2015 році був затверджений новий перелік спеціальностей, який уніфікував освітні і наукові спеціальності. Відповідно основні галузі знань такі:

01. Освіта.
02. Культура та мистецтво.
03. Гуманітарні науки.
04. Богослов'я.
05. Соціальні поведінкові науки.
06. Журналістика.
07. Управління та адміністрування.
08. Право.
09. Біологія.
10. Природничі науки.
11. Математика та статистика.
12. Інформаційні технології.
13. Механічна інженерія.
14. Електрична інженерія.
15. Автоматизація та приладобудування.
16. Хімічна та біоінженерія.
17. Електроніка та телекомунікація.

18. Виробництво та технології.
19. Архітектура та будівництво.
20. Аграрні науки та продовольство.
21. Ветеринарна медицина.
22. Охорона здоров'я.
23. Соціальна робота.
24. Сфера обслуговування.
25. Воєнні науки, національна безпека, безпека державного кордону.
26. Цивільна безпека.
27. Транспорт.

Доцільно порівняти запропоновані системи класифікації з іноземними аналогами. Розглянемо для прикладу класифікацію рубрик наукових видань провідного світового видавництва наукової літератури та періодики Elsevir (www.sciencedirect.com):

- Physical Science and Engineering
 - Chemical Engineering
 - Chemistry
 - Computer Science
 - Earth and Planetary Sciences
 - Energy
 - Engineering
 - Materials Science
 - Mathematics
 - Physics and Astronomy
- Life Science
 - Agricultural and Biological Science
 - Biochemistry, Genetics and Molecular Biology
 - Environmental Science
 - Immunology and Microbiology
 - Neuroscience
- Health Science
 - Medicine and Dentistry
 - Nursing and Heals Professions
 - Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutical Science

- Veterinary Science and Veterinary Medicine
- Social Sciences and Humanities
 - Arts and Humanities
 - Business, Management and Accounting
 - Decision Sciences
 - Economics, Econometrics and Finance
 - Psychology
 - Social Sciences

Ця система є зручною, оскільки цільова спеціальність Chemical Engineering, винесена в окремий розділ, і тому легше шукати тут потрібну інформацію. На сайті видавництва Springer наведена інша класифікація, втім розділ Industrial Chemistry & Chemical Engineering там також є.

В цілому в більшості класифікацій наук є незначні відмінності, однак загальний розподіл наук по дисциплінам більш-менш однаковий.

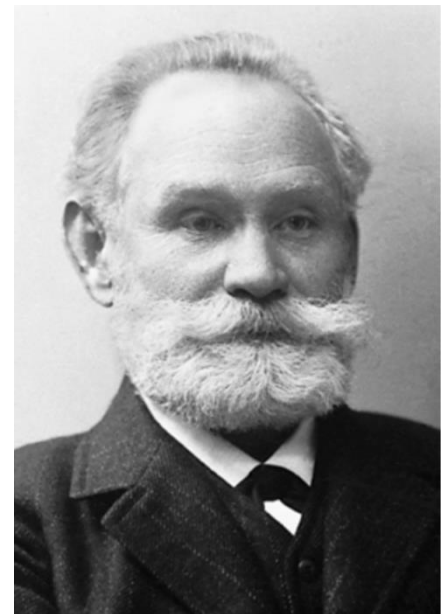
4 МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Поняття метода і методологія наукового пізнання

Наукове знання не з'являється і не розвивається само по собі, воно виробляється завдяки певним зусиллям людей, які зайняті в сфері виробництва наукових ідей. Усвідомлення цього факту та необхідність якось нормувати і упорядковувати активність науково-дослідницької думки, виявити оптимальні її варіанти і послужило стимулом для виникнення вчення про метод – методології.

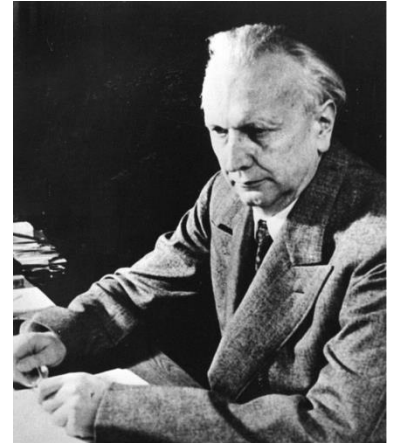
Таке вчення стало розвиватися в Новий час, коли формувалася класична наука. Правильний метод, на думку провідних мислителів того часу, призваний бути орієнтиром руху думки до істинного знання, захищеного від спотворених, деформуючих впливів і перешкод, причини котрих зосереджені у можливих дефектах самого процесу пізнання, або в некритичному сприйнятті традицій чи авторитетів (наприклад, Френсіс Бекон відображав це у вченні про «Ідолів»).

Френсіс Бекон порівнював метод з ліхтарем, що освітлює шлях. Вченого, котрий не має правильного методу, він порівняв з мандрівником, що рухається в темноті і навіпацки шукає собі дорогу. Бекон влучно помітив, що навіть кульгавий, що йде по дорозі, випереджає того, хто біжить по бездоріжжю. Рене Декарт розумів метод як точні і прості правила, строге дотримання яких без зайвої витрати розумових сил, поступово і неперервно збільшують знання, сприяють тому, що розум досягає істинного пізнання всього, що йому доступно. Іван Павлов писав, що при хорошому методі і не дуже талановита людина може зробити багато. А при поганому методі і геніальна людина буде працювати в холосту і не отримати цінних, точних даних.



Іван Павлов

Карл Ясперс писав, що всіляка справжня наука представляє собою знання, що включає в себе знання про методи і границі цієї науки. Якщо ж спираються на результати науки самі по собі і поза їх зв'язком з методом, за допомогою яких вони досягнуті, то це ніщо інше, як забобони би сурогат достовірного знання.



Карл Ясперс

Одна з основних задач методологічного аналізу – вивчення походження, сутності, ефективності і інших характеристик методів пізнання, визначення можливостей і границь застосовності тих чи інших методів пізнавальної діяльності. Методологія, по суті, визначає стратегію наукового пізнання.

Будь-яке наукове дослідження від творчого задуму до кінцевого оформлення наукової праці здійснюється індивідуально. Проте можна визначити і деякі загальні методологічні підходи до його проведення, що прийнято називати вивченням в науковому сенсі.

Сучасне науково-теоретичне мислення намагається дійти до суті явищ і процесів, які вивчаються. Це стає можливим за умови цілісного підходу до об'єкту вивчення, розгляду його у виникненні та розвитку, тобто застосування історичного аспекту.

Вивчати в науковому сенсі – означає бути об'єктивним. Не можна відкидати факти тільки тому, що їх важко пояснити або важко знайти їм практичне застосування. У науці мало встановити якийсь новий факт, важливо дати йому пояснення з позицій сучасної науки, з'ясувати його загальнопізнавальне, теоретичне або практичне значення.

Накопичення наукових фактів під час дослідження – завжди творчий процес, в основі якого лежить задум ученого, його ідея. У філософському визначенні ідея є продуктом людської думки, формою відображення дійсності. Ідея відрізняється від інших форм мислення і наукового знання тим, що в ній не лише відображено об'єкт вивчення, але й міститься усвідомлення мети, перспективи пізнання і практичного перетворення дійсності.

Ідеї народжуються із практики, спостереження навколишнього світу і потреб життя. У їх основі лежать реальні факти і події. Життя висуває конкретні завдання, але не завжди відразу знаходяться продуктивні ідеї для їх

вирішення. Тоді на допомогу приходить спроможність дослідника пропонувати новий, зовсім не звичний аспект розгляду завдання, яке довго не могло бути вирішене за звичайних підходів до справи.

Нова ідея – не просто зміна уявлення про об’єкт дослідження шляхом строгого обґрунтування – це якісний стрибок думки за межі сприйнятими почуттями даних і перевірених рішень.

Розвиток ідеї до стадії розв’язання завдання звичайно здійснюється як плановий процес наукового дослідження. Хоча в науці й відомі випадкові відкриття, проте тільки планове, добре обладнане сучасними засобами наукове дослідження дає змогу розкрити і глибоко пізнати об’єктивні закономірності в природі. Згодом іде процес продовження цільової та загальної обробки первинного задуму, уточнення, зміни і доповнення та розвитку накресленої схеми дослідження з використанням різних методів пізнання.

Метод – це сукупність прийомів чи операцій практичного або теоретичного освоєння дійсності, підпорядкованих розв’язанню конкретного завдання, які спираються на закономірності досліджуваного об’єкта. Метод – це система принципів, вимог, правил, керуючись якими дослідник може досягти наміченої цілі.

Володіння методом означає для людини знання того, яким чином в якій послідовності здійснювати ті чи інші дії для вирішення тих чи інших задач. Метод опирається на теорію (по суті, це теорія, що застосовується для отримання нових знань).

Фактично різниця між методом і теорією має функціональний характер: формуючись як теоретичний результат попереднього дослідження, метод виступає як вихідний пункт та умова майбутніх досліджень.

4.2 Класифікація наукових методів

При всій різноманітності методів, вони можуть бути розділені на декілька основних груп:

Загальні філософські методи, сфера яких найбільш широка. До їх числа традиційно відносять метафізичний і діалектичний метод, однак революція в природознавстві і перехід до неklasичної і постнеklasичної науки сприяло

виникненню більш ефективних методів на основі постпозитивізму (феноменологічний метод, герменевтичний метод тощо).

Загальнонаукові методи, що знаходять застосування у всіх або майже у всіх науках. Їх своєрідність і відмінність від всезагальних методів в тому, що вони знаходять застосування не на всіх, а лише на певних етапах процесу пізнання. Наприклад індукція відіграє важливу роль на емпіричному, а дедукція на теоретичному рівні пізнання, аналіз переважає на початкових стадіях, а синтез – на кінцевих, тощо. При цьому в самих загальнонаукових методах знаходять, як правило, своє виявлення вимоги всезагальних методів.

Часткові або спеціальні методи, характерні для окремих наук або областей практичної діяльності. Це методи хімії або фізики, біології чи математики, методи металообробки або архітектури. І, звісно ж, методи хімічної інженерії чи споріднених галузей – механічної інженерії, хімічної технології та біотехнології.

Нарешті особливу групу методів утворюють **методики**, які являють собою прийоми і способи, що виробляються для вирішення якоїсь особливої, часткової проблеми. Вибір вірної методики – важлива умова успіху дослідження.

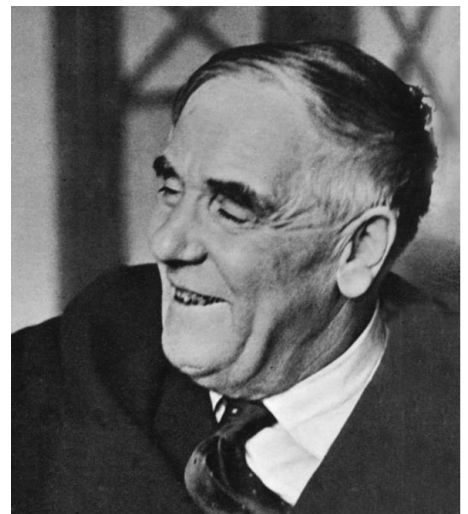
У кожному науковому дослідженні можна виділити два рівні:

- Емпіричний, на якому відбувається процес накопичення фактів.
- Теоретичний – досягнення синтезу знань (у формі наукової теорії).

Згідно з названими рівнями, загальнонаукові методи пізнання можна поділити на три групи, грані між якими визначені приблизно:

- Методи емпіричного дослідження;
- Методи, що використовуються на емпіричному і на теоретичному рівнях;
- Методи теоретичного дослідження.

Метод сам по собі ще не надає успіху в пізнанні тих чи інших сторін матеріальної дійсності. Важливо ще вміння правильно застосовувати науковий метод в процесі пізнання. Якщо скористатися образним порівнянням Петра Капіці, то науковий метод є ніби скрипкою Страдиварі, найдосконалішою зі

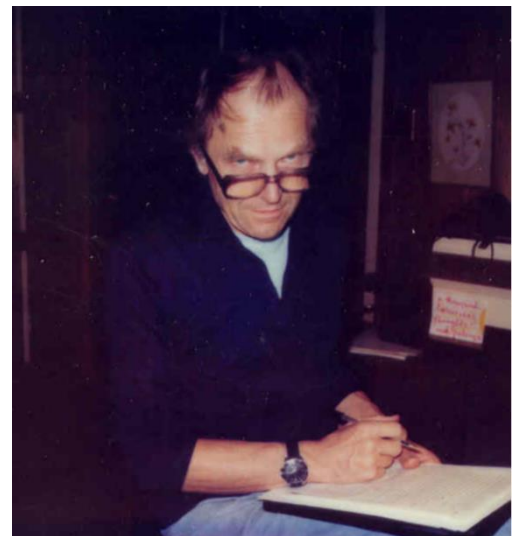


Петро Капіца

скрипок, але щоб гранти на ній потрібно бути музикантом і знати музичну грамоту. Без цього вона буде фальшивити як і звичайна скрипка.

Будь-який метод наукового пізнання має декілька аспектів: *об'єктивно-змістовний, операційний, аксіологічний*. *Об'єктивно-змістовний* аспект метода обумовлений предметом пізнання через теорію. Так, наприклад, метод спектрального аналізу спирається на теорію спектрів. *Операційний* аспект метода – система принципів, прийомів, правил, котрими необхідно керуватися в процесі дослідження – залежить уже не тільки і не скільки від об'єкта, скільки від суб'єкта, його компетентності і здатності перевести відповідну теорію в систему принципів і правил дослідження. *Аксіологічний* аспект методу – складається з таких його властивостей як ефективність, надійність тощо. На цій основі дослідник може вибирати з групи методів найбільш ефективний з його точки зору для даного дослідження. Сукупність предмета і методу, їх обмеженість є необхідною умовою успіху наукового дослідження.

Однак можливості методу не безмежні, що обумовило появу специфічних підходів до методології науки. Пол Файерабенд розробив *«Анархістичну»* епістемологію, тобто вчення про знання, яке заперечувало існування універсального методу пізнання. Він стверджував, що вчені повинні керуватися принципом *«згодиться все»*. Строге слідування методу, з його точки зору, несумісне з творчим мисленням. Файерабенд відстоює позицію теоретичного і методологічного плюралізму: існує, стверджує він, множина рівноправних типів знання і це сприяє росту знання і розвитку особистості.



Пол Файерабенд

Однак Алан Сокал та Жан Брікмон, описуючи ідеї Фаєрабенда, відмічали, що [27] *«головна проблема, котру відчуваєш при читанні Фаєрабенда, полягає в тому, щоб дізнатися коли його слід розуміти буквально. З одного боку, на його часто дивляться, як на королівського блазня філософії науки, і, здається, він отримує задоволення, граючи цю роль. Іноді він сам підкреслював, що його висловлювання не слід розуміти в їх буквальному*

значенні. З іншого боку, його тексти наповнені посиланнями на спеціальні роботи з історії та філософії науки, так само, як і з фізики. Ця характеристика його творів сприяла його репутації «крупного філософа науки». Вони ж підкреслюють і помилки, які наявні в його роботах. Їх слова, про ідеї Фаєрабенда вдало описують важливість і обмеження методу, які можна використати як підсумок даного підрозділу [27]:

«Як ми вже підкреслювали, в вищій степені складно, якщо не неможливо, кодифікувати науковий метод, що не перешкоджає можливості розвитку деяких правил більшої чи меншої значимості на основі минулого досвіду. Якби Файєрабенд за допомогою історичних прикладів обмежився демонстрацією обмеженості будь-якої загальної і універсальної кодифікації наукового методу, ми могли б послідувати за ним. Нажаль він заходить значно далі:

Всі методології мають свої обмеження, і єдине «правило», котре зберігає значення, таке «Підійде все».

Перед нами хибний висновок, типовий для релятивістської позиції: взявши за відправний пункт коректну констатацію – «всі методології мають свої обмеження» – Файєрабенд робить стрибок до абсолютно хибного висновку «все підійде». Існує багато способів плавання, всі вони мають свої обмеження, але не всі рухи тіла однаково добрі (якщо не хочеш потонути). Не існує єдиного способу поліцейського розслідування, але не всі способи однаково надійні (подумаємо про випробування вогнем). Точно так само йдуть справи і з науковими методами».

4.3 Методи, що застосовуються як на емпіричному, так і теоретичному рівні досліджень

4.3.1 Абстрагування

Сутність абстрагування полягає в такому уявному відході від несуттєвих властивостей, зав'язків, відношень предметів і виділенні декількох рис, які становлять інтерес для дослідника.

Процес абстрагування має два ступені.

Перший ступінь виділення найбільш важливого в явищах і встановлення незалежності або нехтовно слабкої залежності досліджуваних явищ від

визначених факторів (якщо A не залежить від фактору B , то можна лишити його осторонь як несуттєвий).

Другий ступінь: реалізація можливостей абстрагування. Її суть полягає в тому, що здійснюється заміщення об'єкту K_1 іншим, об'єктом K_1 , що має менше властивостей і виступає в якості «моделі» першого. Наприклад гідравлічні та пневматичні випробування апаратів пробною рідиною або газом з метою прогнозування їх міцності та герметичності в робочих умовах з робочими середовищами.

Абстрагування може застосовуватися як до реальних, так і до абстрактних об'єктів (що пройшли абстрагування раніше). Багатоступінчасте абстрагування веде абстракцій з усе більшим ступенем загальності (чоловік – людина – жива істота – матеріальний об'єкт).

Абстрагування дозволяє замінити в пізнанні складне простим, але таким простим, яке відбиває основне в цьому складному.

Існують такі основні види абстракцій:

- ототожнення – утворення понять шляхом об'єднання предметів, зв'язаних відносинами типу рівності в особливий клас (відволікання від ряду індивідуальних властивостей предметів);
- ізолювання – виділення властивостей і відношень, нерозривно зв'язаних із предметами, і позначення їх певними «іменами», що дає абстракціям статус самостійних об'єктів (наприклад «надійність», «технологічність»). Розходження між цими двома абстракціями полягає в тому, що в першому випадку ізолюється комплекс властивостей, а в другому – єдина його властивість;
- конструктивізація – відволікання від невизначеності границь реальних об'єктів, «огрублення» дійсності (безперервний рух зупиняється тощо);
- абстракція актуальної нескінченності – це одна з основних абстракцій а галузі математики і логіки. Її сутність полягає у униканні від незавершеності (і незавершуваності) процесу утворення нескінченної множини, від неможливості задати його повним списком всіх елементів. Така множина розглядається як наявна, як реально існуюча;
- абстракція потенційної здійсненності – ця абстракція також найбільше застосування знаходить в математиці та логіці. Суть її у відволіканні від реальних границь людських можливостей, обумовлених обмеженістю життя в

часі та просторі. Нескінченність виступає вже не як реально існуюче, а як потенційно здійснення.

Результат абстрагування часто виступає як специфічний метод дослідження. Так, у механіці для встановлення умов рівноваги рідких тіл використовується принцип отвердіння та застосовують до неї рівняння рівноваги твердого тіла.

Абстрагування виступає як елемент більш складних за своєю структурою методів вимірювання, експеримент, аналізу, моделювання.

4.3.2 Аналіз і синтез

Аналіз – це метод дослідження, що полягає в уявному розділенні цілого явища на більш прості складові частини, виділення окремих сторін, властивостей, зав'язків.

Аналіз займає важливе місце у вивченні об'єктів матеріального світу, але він є лише першим етапом пізнання. Якби, наприклад, хіміки обмежувалися лише аналізом, тобто виділенням і вивченням окремих хімічних елементів, то вони не змогли б дослідити ті складні речовини, до складу яких входять ці елементи. Наскільки б глибоко не були вивчені, наприклад, властивості карбону і гідрогену, за цими відомостями нічого не можна сказати про властивості багаточисленних речовин, що складаються з різних поєднань цих елементів.

Для розуміння об'єкту як єдиного цілого не можна обмежуватися вивченням лише його складових частин. В процесі пізнання необхідно розкрити об'єктивно існуючі зв'язки між ними, розглядати їх в системі, в єдності. Здійснити цей інший етап в процесі пізнання – перейти від вивчення окремих складових частин об'єкта до вивчення його як єдиного зв'язаного цілого можливо лише в тому випадку, якщо метод аналізу доповнюється іншим методом – синтезом.

Синтез – метод дослідження, що полягає в уявному поєднанні окремих сторін, властивостей, зав'язків складного явища і розуміння цілого в його єдності.

Аналіз і синтез бувають:

- прямими або емпіричним. Використовується для виокремлення частин об'єкта, виявлення його властивостей, найпростіших вимірювань та інше);

- зворотним або елементарно теоретичним. Базується на деяких теоретичних розуміннях причинно-наслідкового зв'язку різних явищ або дії певної закономірності. При цьому виокремлюються і з'єднуються явища, що видаються істотними, а другорядні ігноруються;
- структурно-генетичним. Вимагає виокремлення в складному явищі таких елементів, які мають вирішальний вплив на всі інші сторони об'єкта.

4.3.3 Індукція та дедукція

Індукція – це метод переходу від знань окремих фактів до знань загальних закономірностей, суттєвих і необхідних зав'язків.

Згідно індуктивної методології, наукове пізнання починається зі спостереження і констатації фактів. Після того, як факти встановлені, переходять до їх узагальнення і побудови теорії. Теорія розглядається як узагальнення фактів і тому вважається достовірною. На основі метода індукції відкрито багато законів – закони Ньютона, закони збереження і перетворення енергії, теорія еволюції тощо.

Існує п'ять методів встановлення причинного зв'язку методами наукової індукції:

- Метод єдиної подібності. Якщо два або більше випадків досліджуваного явища мають загальним лише одну загальну обставину, а всі інші обставини різні, то ця єдина обставина і є причиною даного явища.
- Метод єдиного розходження. Якщо випадок, у якому досліджуване явище настає, і випадок, у якому воно не настає в усьому подібні й різні тільки в одній обставині, то ця обставина, яка присутня в одному випадку й відсутня в другому, і є причиною досліджуваного явища.
- Об'єднаний метод подібності і розходження – комбінація двох перших методів;
- Метод супровідних змін. Якщо виникнення або зміна одного явища кожен раз необхідно викликає визначену зміну іншого, то обидва ці явища знаходяться в причинному зв'язку один з одним.
- Метод залишків. Якщо складне явище викликається складною причиною, що складається із сукупності певних обставин, і відомо, що деякі з цих обставин є причиною частини явищ, залишок цього явища викликається іншими обставинами.

Однак не завжди узагальнення твердження можна вивести з фактів і тому не всяке індуктивне узагальнення достовірне. Індуктивний висновок по суті є проблематичним і дає імовірнісне знання. Наприклад, Ейнштейн, аналізуючи числа від 3 до 2501, прийшов до висновку, що всі непарні числа можуть бути представлені сумою двох доданків – подвоєного квадрату певного цілого числа і деякого простого числа. Але вже число 5779 так представити не можна. Ферма вивів формулу простого числа $2n+1$, але виявилось, що є такі цілі значення n , при яких ця формула дасть складне число.

Дедукція – це метод переходу від загальних уявлень до часткових, виведення нової інформації із відомої за допомогою законів і правил логіки. За допомогою дедукції, за умови істинності базису, отримуємо достовірне знання про світ.

4.4 Методи емпіричного дослідження

4.4.1 Спостереження

Спостереження – це систематичне цілеспрямоване вивчення об'єкта. Наприклад, розглядання мікроструктури на шліфі під мікроскопом, реєстрування показань датчиків тиску, температури тощо, облік числа працюючих і не працюючих верстатів протягом зміни. Цей метод часто виступає як елемент у складі інших методів. Прогрес спостереження зв'язаний із прогресом засобів спостереження (телескоп, мікроскоп, інфрачервона камера).

Аби бути плідним, спостереження мусить відповідати таким вимогам:

- завчасного задуму (спостереження проводиться для певного, чітко поставленого завдання);
- планованості (виконується за планом, складеним відповідно до завдання спостереження);
- цілеспрямованості (спостерігаються лише певні сторони явища, котрі викликають інтерес при дослідженні);
- активності (спостерігач активно шукає потрібні об'єкти, риси, явища);
- систематичності (спостереження ведеться безперервно за певною системою).

Спостереження як метод пізнання дає змогу отримати первинну інформацію у вигляді сукупності емпіричних тверджень. Емпірична сукупність утворює первинну схематизацію об'єктів реальності – вихідних об'єктів наукового дослідження. Але варто пам'ятати також, що самі по собі спостереження, без узагальнення, не надто корисні, тому завжди варто знаходити місце для своєчасної перерви в стомлюючій роботі спостереження, щоб подивитися, які висновки можна зробити зі своєї роботи.

4.4.2 Порівняння

Порівнянням називається процес встановлення подібності або відмінності предметів та явищ дійсності, а також знаходження загального, притаманного двом або кільком об'єктам.

Метод порівняння досягне результату, якщо виконуються такі вимоги:

- можуть порівнюватися лише такі явища, між якими можлива деяка об'єктивна спільність;
- порівняння має здійснюватися за найважливішими, суттєвими (щодо конкретного завдання) рисами.

Акцент при порівнянні на несуттєвих ознаках часто призводить до помилок. Так, формально порівнюючи стійкість двох різців і надаючи значення матеріалу, наприклад, хімічному складу, тримачів різців, можна прийти до завідомо неправильного висновку.

Різні об'єкти чи явища можуть порівнюватися безпосередньо або опосередковано через порівняння їх з іншим об'єктом (еталоном). У першому випадку зазвичай отримують якісні результати (більше – менше, вище – нижче). Порівняння об'єктів з еталоном дає можливість одержання і кількісних характеристик. Такі порівняння використовуються вкляді такого методу як вимірювання.

За допомогою порівняння інформація про об'єкт може бути отримана двома шляхами:

- як безпосередній результат порівняння (первинна інформація);
- як результат обробки первинних даних (вторинна або похідна інформація).

Найбільш важливим способом такої обробки є висновок за аналогією. Сутність його зводиться до такого:

- A має ознаки: x_1, x_2, \dots, x_{n+1} ;
- B має ознаки: x_1, x_2, \dots, x_n ;
- Висновок: Імовірно, B має ознаку x_{n+1} .

Висновок на основі аналогії містить імовірний характер. Збільшити імовірність одержання істинного значення можна, перевібивши такі умови:

- знання тим більше достовірне, чим більше подібних ознак виявлено в порівнюваних об'єктах;
- достовірність висновку знаходиться в прямій залежності від істотних рис подібних об'єктів;
- чим глибший взаємозв'язок виявлених в об'єктах ознак, тим вище імовірність достовірного висновку. Аналогія називається повною або строгою, якщо простежується такий логічний ланцюг: в об'єкті « A » ознака x_{n+1} необхідно зв'язана з іншими n його ознаками, які властиві також і об'єкту « B »; очевидно, що така ознака x_{n+1} властива також і об'єкту « B »;
- Загальна подібність двох об'єктів не є підставою для висновку за аналогією, якщо в того з них, до якого робиться висновок, є ознака, несумісна із ознакою, що переноситься. Отже, для одержання істинного висновку потрібно враховувати не тільки характер подібності, але і характер розходження об'єктів.

4.4.3 Вимірювання

Вимірювання було розвинене з операції порівняння, що є його основою, проте вимірювання є більш потужним і універсальним пізнавальним методом. Проголошений Галілеєм принцип кількісного підходу, відповідно до якого опис фізичних явищ повинен спиратися на величини, що мають кількісну міру, є методологічним фундаментом науки.

Вимірювання – це операція визначення числового значення деякої величини за допомогою одиниці виміру. Вимір припускає наявність таких основних елементів: об'єкта вимірювання, одиниці вимірювання (еталон), вимірювальних приладів, методу вимірювання.

Вимірювання дають точні, кількісно визначені відомості про навколишню дійсність. У результаті вимірювання можуть бути встановлені такі факти, зроблені такі емпіричні відкриття, що приводять до докорінного перелому усталених в науці уявлень.

4.4.4 Експеримент

Під *експериментом* розуміється такий метод вивчення об'єкта, коли дослідник активно, цілеспрямовано впливає на нього шляхом створення штучних умов (або використання природних умов), необхідних для виявлення відповідних властивостей, коли свідомо змінюється перебіг природних процесів. Експеримент припускає використання спостереження, порівняння і вимірювання. Експериментальний метод у науці був затверджений при формуванні класичної науки, найбільший внесок в обґрунтування цього методу на противагу схоластиці і дедукції внесли Френсіс Бекон та Галілео Галілей.

Порівняно зі спостереженнями експериментальне вивчення об'єкта має ряд переваг. По-перше, у процесі експерименту можливе вивчення явища «у чистому» виді, тобто усувається побічні фактори, що затемнюють основний процес.

По-друге, цінністю експерименту є те, що він дозволяє досліджувати об'єкти в екстремальних умовах (понаднизькі і надвисокі температури, наднизькі і надвисокі тиски). Ці умови дозволяють значно глибше проникнути в сутність явищ і об'єктів (надпровідність, надтекучість).

Нарешті, третьою перевагою експерименту є його повторюваність: можна проводити цікаві для нас дослідження, тести стільки разів, скільки це необхідно.

До експерименту звертаються в таких ситуаціях:

- спроба виявлення в об'єкта невідомих раніше властивостей;
- перевірка правильності теоретичних побудов;
- демонстрація явища.

Експерименти розділяються на натурні і модельні. Натурний експеримент стоїть ближчий до природи, модельний – дозволяє вивчати більш широкий діапазон умов.

У науковому дослідженні експеримент і теорія найтіснішим чином взаємозалежні. Будь-яке ігнорування експерименту неминуче веде до помилок, тому всебічне розгортання експериментальних досліджень являє собою один з найважливіших магістральних шляхів розвитку всієї сучасної науки.

Експериментальний метод дослідження має виключно важливе значення, тому його доцільно розглянути більш детально.

4.4.5 Основні терміни та визначення щодо експериментальних досліджень

Деякі слова і фрази, пов'язані з описом експериментів і експериментальної апаратури часто зустрічається в спеціалізованій літературі. Частина них являється усталеними термінами, тоді як інші використовуються різними авторами в різному значенні. Практично недоцільно в такій області як планування експерименту, застосовувати терміни, що мають занадто вузьке значення. В більшості робіт терміни використовуються в зазначених нижче значеннях.

Обладнання для проведення експерименту умовно поділяється на три частини: вимірювальні прилади, випробувальна апаратура та зразок для експерименту.

Вимірювальні прилади (instrument) сприймають, рахують, зчитують, вимірюють, спостерігають, а потім записують, зберігають, коректують і показують всі параметри, які вони повинні «бачити».

Випробувальна апаратура (test apparatus) – це зазвичай все, що необхідно для проведення експерименту, включаючи вимірювальні прилади і об'єкт дослідження.

Зразок для дослідження (test piece) представляє собою об'єкт, що піддається дослідженню, котрий при необхідності можна замінювати іншим. Наприклад при використанні нового методу виробництва з використанням апаратів, матеріалу і залученням робітників відсутній якийсь певний зразок для дослідження. Однак, якщо використовується новий барабанний фільтр, то цей фільтр і буде представляти собою зразок для експериментів.

План експерименту – це загальний термін. Він визначає набір інструкцій з проведення експерименту, в яких указується послідовність роботи характер і величина варіювання змінних і даються вказівки для проведення повторних експериментів.

Послідовність проведення експерименту означає порядок, в якому вносяться зміни в роботу досліджуваної апаратури.

Реплікація – зазвичай означає повторення експерименту, але в більш конкретному сенсі – повернення до початкових умов.

Термін *змінна* використовується в найбільш широкому сенсі і означає будь-яку фізичну величину, що варіюється. Якщо варіювання відбувається незалежно від інших величин, то маємо *незалежну* змінну. Якщо ж фізична змінюється при зміні однієї або більшої кількості незалежних змінних, то вона називається *залежною*. Якщо деяка фізична величина, що чинить вплив на експеримент, змінюється випадковим чином і її не можна контролювати, то вона називається *зовнішньою* змінною.

Зазвичай незалежні змінні можуть встановлюватися на вибраних рівнях відповідно до прийнятого плану експерименту.

В *контрольовану* експерименті вплив зовнішніх змінних виключений і незалежні змінні можна змінювати відповідно до бажання експериментатора. Проведення контрольованого експерименту або ізоляція його від оточуючого середовища являється одним з основних принципів наукового дослідження.

Вимірювання незалежних, залежних, а часто і зовнішніх змінних здійснюється за допомогою приладів. Для кожної вимірюваної величини зазвичай розглядають «найкраще» або «найбільш імовірне» значення. «Найкраще» значення завжди можна зробити ще кращим, застосовуючи більш дорогі і точні вимірювальні прилади, знімаючи повторні відліки або залучаючи більш кваліфікований персонал. Отже, слово «найкращий» вживається у відносному сенсі і має певні утилітарні і економічні відтінки.

Залежно від стандартів точності, прийнятих для даного експерименту, вимірювання можуть бути *точними* або *неточними*. Виділяють *систематичну похибку*, що представляє собою фіксовану величину відхилення відліку відносного невідомого або каліброваного значення незалежно від того, скільки раз повторюється вимірювання. Отже, систематична похибка має постійну величину.

При вимірюваннях можуть виникати *випадкові похибки*, при цьому величина похибки залежить від того, наскільки добре прилад може відтворити послідовні відліки при постійному входному впливі. Отже, випадкова похибка не має фіксованого значення, як систематична похибка, вона буде різною при кожному повторному відліку. За допомогою статистичних методів для кожного приладу можна визначити середнє значення випадкових похибок.

Похибка виражається деяким числом, наприклад 2°C , і визначається як різниця між каліброваним і відомим відліком, знятим з приладу. Отже, похибку можна знати або передбачити лише в тому випадку, якщо вдасться прокалібрувати або якимось іншим чином перевірити випробувальну апаратуру.

Невизначеність (неточність значення) представляє собою оцінку похибки. Під невизначеністю мається на увазі «похибка, якою вона буде, якщо б її вдалося виміряти шляхом калібрування». Невизначеність, як і випадкова похибка, як правило, аналізується статистичними методами.

При проведенні серії випробувань випробувальна апаратура встановлюється в певний фіксований стан або включається за певною схемою. Зазвичай в результаті кожного випробування отримують певну *точку* або *експериментальний відлік*.

Термін *дані* відноситься до всіх символічних продуктів експерименту. Так, даними можуть бути фотознімки, відеозаписи, графіки, покази лічильників, прості відповіді «так»/«ні». Дані не є зразками продукції, що виготовлені при заводських випробуваннях, а являють собою записані на певний носій величини, що характеризують ці зразки. *Необроблені дані* – це інформація, записана в символічному вигляді, отримана безпосередньо з вимірювальних приладів. *Оброблені дані* – це та ж сама інформація після виконання над нею деяких математичних операцій, наприклад внесення виправлень за допомогою калібрувальних кривих або побудова графіка.

Оброблені дані, нанесені на графік, утворюють криву; вони можуть також привести до деякого функціонального співвідношення між незалежними і залежними змінними, які зазвичай записуються у вигляді формули.

Ці співвідношення можуть бути більш чи менш значимими, при цьому причинна залежність в одних випадках може бути очевидною, а в інших зовсім непомітною. Іноді достатньо побудувати простий графік, щоб виявити таку залежність, а в інших випадках може використовуватися деякий критерій значимості. Статистичний аналіз неминуче пов'язаний з розподіленнями показів приладів або інших величин. При обговоренні загальних положень математичної статистики часто розглядають сукупності похибок даних, при цьому маються на увазі, безкінечні сукупності похибок, даних тощо. Отже, в

усіх випадках розглядається генеральна сукупність. При проведенні експерименту отримують деяку скінченну вибірку відліків з безкінечної сукупності. Чим більша вибірка, тим краще її розподілення наближається до розподілення генеральної сукупності.

4.4.6 Планування експерименту

Ефективність експерименту значній мірі залежить від методів їх проведення. Розрізняють *активний* і *пасивний* експерименти. Пасивний експеримент є традиційним методом, коли ставиться велика серія дослідів с почерговим варіюванням кожної зі змінних. До пасивних експериментів відноситься також збирання статистичного матеріалу в режимі нормальної експлуатації на промисловому об'єкті. Обробка даних для узагальнення результатів проводиться статистичними методами. Методи математичної статистики дозволяють в цьому випадку виявити максимум інформації із наявних експериментальних даних – оптимізувати процедуру обробки і аналізу експерименту. Використовуючи активний експеримент (панування експерименту), можна досягнути значно більшого – оптимізувати і стадію постановки експерименту.

Успіх експерименту пов'язаний з рядом методологічних концепцій, які внесені в теорію і практику експериментам математичною статистикою і кібернетикою.

Історично у дослідників склався детермінований, не випадковий підхід до вивчення явищ. Вважалося, що можна стабілізувати всі змінні в об'єкті дослідження з будь-яким ступенем точності, виділити необхідну змінну, вивчити її і результати оцінити функціональними зв'язками, що добре інтерпретуються. Похибки вимірювань вважалися прикрими перешкодами, що спотворювали результати дослідження. Похибки старались усунути або не звертати на їх увагу. Такий підхід виправдав себе при вивченні нескладних об'єктів дослідження з малим числом змінних.

При переході до більш складних явищ детермінований підхід уже не задовольняє дослідників, оскільки не вдалося розділити явища об'єкта, відкинути перешкоди експерименту, не вдавалося стабілізувати змінні. Такі об'єкти стали називати складні або погано організованими. Виникла потреба в нових методах, котрі надала математична статистика, що запропонувала

методологію стохастичного підходу до вивчення явищ. Були розроблені методи, що дозволяють оцінювати масові випадкові явища і знаходити їх стійкі характеристики. Більш того, там, де ситуація в об'єкті неясна, випадок вводився в експеримент штучно, звісно, по визначеним, врахованим теорією, законом. Так з'явилася концепція, відома під назвою *рандомізація*.

Концепція рандомізації. Отже, експеримент стали робити випадковим штучно. Програму, чи план, експерименту складали таким чином, щоб рандомізувати (тобто зробити випадковими) ті систематично діючі фактори, котрі важко піддавалися обліку і контролю, для того, щоб можна було їх розглядати як випадкові величини і, відповідно, враховувати статистично. Це, дещо неочікуване для традиційної школи експериментаторів рішення, дало дуже хороші результати і в подальшому оформилося у вигляді процедури планування експерименту.

Концепція математичного моделювання. Кібернетика внесла свої поняття і методи в процеси вивчення і керування досліджуваних об'єктів. Найважливішим з них є поняття математичної моделі, що найбільш широко використовуються як засіб опису досліджуваного об'єкта в виді математичних залежностей і рівнянь.

Математичні моделі, отримані при дослідженні технологічних об'єктів, серед яких особливе місце займає задача пошуку оптимальних умов досліджуваних об'єктів. Кажуть, що в такому випадку розглядається екстремальний експеримент, де всі дії направлені на пошук оптимуму (екстремуму) технологічної установки. Математична модель, що описує досліджуваний об'єкт, дозволяє ефективно визначити його оптимальний режим.

Концепція послідовного експерименту. Кожен експериментатор в своїй практиці широко використовує ідею послідовного експерименту, згідно якої експеримент здійснюється не одразу, а послідовно, етапами. Після кожного етапу отримані результати аналізуються, залучається деяка стороння, але достатньо достовірна інформація і застосовується рішення про продовження експерименту. Така тактика експериментування особливо яскраво проявляється, коли експериментатор шукає оптимальні умови технологічного процесу. При цьому послідовні здійснюється зміною методів отримання деяких результатів, число залучених змінних тощо.

Концепція оптимального використання факторного простору. Однією з найбільш поширених ідей теорії експерименту є концепція оптимального використання факторного простору, або концепцію багатофакторного експерименту. Суть її полягає в тому, що стан об'єктів в кожному досліді визначається по результату одночасного варіювання факторів, що викликають зміну стану об'єкта. Таке експериментування проводиться на противагу почерговому варіюванню змінних спочатку однієї, потім іншою. Нова ідея має значні переваги порівняно з традиційним експериментуванням. Оптимальне використання факторного простору дозволяє досягти значного збільшення точності розрахунку коефіцієнтів математичної моделі (точніше – зниження дисперсії коефіцієнтів). І хоча реалізація цієї ідеї справа складна, в тих задачах, де вона реалізована, отриманий значний позитивний ефект.

Серед інших концепцій, котрі були внесені в експериментування, виділяються: концепція згортання інформації, або представлення інформації в компактній формі, концепція використання апріорної інформації і врахування її в прийнятті рішень, концепція дискримінації математичної моделей, тобто переваги однієї моделі перед іншими.

Відмічені концепції в поєднанні з можливостями комп'ютерів сприяли скороченню об'єму експериментальних досліджень, збільшенню чіткості в постановці експерименту і трактуванні його результатів. І в цьому велика цінність методології експериментування.

4.5 Методи теоретичного дослідження

4.5.1 Ідеалізація

Ідеалізація – це конструювання в мисленні об'єктів, що не існують у дійсності (практично не здійсненні). Наприклад, абсолютно тверде тіло, абсолютно чорне тіло, ідеальний газ, лінія, площа тощо. Цей прийом ґрунтується на абстракції.

Ідеалізація може здійснюватися різними шляхами і ґрунтуватися на різних видах абстракції. Після абстрагування необхідно виділити сторони або властивості, які становлять інтерес, гранично посилити або ослабити їх і представити яв властивості деякого самостійного об'єкту. Створення ідеалізованого об'єкту, дозволяє виділити суттєві його сторони, спростити і,

завдяки цьому, зробити можливим для його описання точних кількісних методів.

Пізнавальна цінність ідеалізації обумовлена тим, що шляхом ідеалізації виявляються деякі закономірні тенденції в чистому вигляді, абстрагуючись від емпірично виявлених конкретних форм їх дії, від другорядних сторін досліджуваних об'єктів. Основне позитивне значення ідеалізації як метода наукового пізнання полягає в тому, що отримані на її основі теоретичні побудови дозволяють потім ефективно досліджувати реальні об'єкти і явища. Спрощення, які досягаються за допомогою ідеалізації, спрощують створення теорії, яка виявляє закони досліджуваної області явищ матеріального світу. Якщо теорія в цілому правильно описує реальні явища, то правомірні і покладені в її основу ідеалізації.

Мета ідеалізації полягає в такому:

- Позбавити реальні об'єкти деяких притаманних їм властивостей.
- Наділити (подумки) ці об'єкти певними нереальними і гіпотетичними властивостями.

Досягнення мети здійснюється:

- Багатоступінчастим абстрагуванням, наприклад абстрагуванням від товщини переходять до поняття площини.
- уявним переходом до граничного випадку в розвитку якої-небудь властивості (абсолютно тверде тіло).
- простим абстрагуванням (нестисливість рідини).

Метод ідеалізації, який виявляється достатньо плідним в багатьох випадках, має в той же час певні обмеження. Розвиток наукового пізнання змушує іноді відмовлятися від прийнятих раніше ідеалізованих уявлень. Так трапилося, наприклад, при створенні Ейнштейном спеціальної теорії відносності з якої були виключені ньютонівські ідеалізації «абсолютний простір» і «абсолютний час». Крім того, будь-яка ідеалізація обмежена конкретною областю явищ і служить для вирішення тільки певних проблем.

Будучи різновидом абстрагування, ідеалізація допускає елемент наглядності. Ця особливість ідеалізації важлива для реалізації такого специфічного методу теоретичного пізнання, яким є уявний експеримент.

4.5.2 Формалізація

Під *формалізацією* в широкому сенсі слова розуміють метод вивчення найрізноманітніших об'єктів шляхом відображення їхньої структури в знаковій формі за допомогою штучних мов. Наприклад, мова математики, хімії, радіотехніки тощо.

Переваги формалізації:

- Формалізація забезпечує узагальненість підходу до рішення проблем, наприклад інтегральні методи при обчисленні характеристик площин.
- Символіка дає стислість і чіткість фіксації знань.
- Однозначність символіки (немає двозначності звичайної мови).
- Формалізація дозволяє формувати знакові моделі об'єктів та вивчення реальних речей і процесів заміняти вивченням цих моделей.

4.5.3 Уявний експеримент

Уявний експеримент – це побудова уявної моделі (ідеалізованого «квазіоб'єкту») і ідеалізованих умов, що впливають на модель, планомірна зміна цих умов з метою дослідження поведінки системи в них.

Уявний експеримент передбачає оперування з ідеалізованим об'єктом (який замінює в абстракції реальний об'єкт), яке полягає в уявному підборі тих чи інших положень, ситуацій, що дозволяють виявити якісь важливі особливості досліджуваного об'єкта.

Зберігаючи збіжність з реальним експериментом, уявний експеримент в той же час суттєво відрізняється від нього. Ці відмінності полягають в такому. В реальному експерименті доводиться рахуватися з реальними фізичними і іншими обмеженнями його проведення, з неможливістю в ряді випадків усунути зовнішні впливи, що заважають ходу експерименту, зі спотворюванням в силу зазначених причини отримуваних результатів. В цьому плані уявний експеримент має явну перевагу перед експериментом реальним. В уявному експерименті можна абстрагуватися від дії небажаних факторів, проводячи його в ідеалізованому «чистому» вигляді. Наукова діяльність Галілея, Ньютона, Максвелла, Карно, Ейнштейна та інших вчених, які заклали основи сучасного природознавства, свідчать про істотну роль уявного експерименту в формуванні теоретичних ідей. Історія розвитку фізики

багата фактами використання уявних експериментів. Прикладами можуть служити уявні експерименти Галілея, що привели до відкриття закону інерції; Ейнштейна, який розвинув теорію відносності тощо.

Уявний експеримент може мати велику евристичну цінність, допомагаючи інтерпретувати нове знання, отримане чисто математичним шляхом. Це підтверджується багатьма прикладами із історії науки. Одним з них є уявний експеримент В. Гейзенберга, спрямований на роз'яснення співвідношення невизначеності. В цьому уявному експерименті співвідношення невизначеності було знайдено завдяки абстрагуванню, що розділило цілісну структуру електрона на дві протилежності: хвилю і частинку. Тим самим співпадіння результату уявного експерименту з результатом, досягнутим математичним шляхом, означало доведення об'єктивного існування дуалістичності електрона як цілісного матеріального утворення і дало можливість зрозуміти це в класичних поняттях.

4.5.4 Моделювання

Моделювання – це науковий метод, що ґрунтується на використанні в якості засобу пізнання моделей і виведення за аналогією. Під аналогією розуміють подібність якихось властивостей, ознак чи відношень у різних в цілому об'єктів. Якщо робиться логічний висновок про наявність якоїсь властивості, ознаки, відношення у досліджуваного об'єкта, на основі встановлення його подібності з іншими об'єктами, то цей висновок називається умовиводом по аналогії.

Модель – це така уявлена в мисленні чи матеріально реалізована система, яка, відтворюючи певні сторони об'єкта дослідження, здатна замінювати його процесі вивчення. Модель і об'єкт мають подібність в певних строго зафіксованих відношеннях (одностороннє і неповне відображення оригіналу). Це дозволяє переносити результати, отримані при пізнанні на оригінал.

Ступінь імовірності отримання правильно умовиводу за аналогією буде вище коли: 1) більше відомо спільних властивостей у об'єктів, що порівнюються; 2) суттєвіше виражені у них спільні властивості і 3) глибше встановлений взаємний закономірний зв'язок цих подібних властивостей. При цьому необхідно мати на увазі, що якщо, відносно якого робиться умовивід за

аналогією з іншим об'єктом, має якусь властивість, не сумісну з тою властивістю, про існування якої має бути зроблено висновок, то загальна подібність цих об'єктів втрачає всіляке значення.

Необхідність використання моделювання обумовлена: недоступністю об'єкта для безпосереднього вивчення, тим, що об'єкт дослідження надзвичайно складний або пряме його дослідження економічно недоцільне.

Моделі дають можливість: наглядно продемонструвати об'єкти, невідтворювані в чуттєвому досвіді, перевірити ті або інші гіпотези; виступають джерелом нових гіпотез.

Розрізняють декілька видів моделювання.

Фізичне моделювання. Воно характеризується фізичною подібністю між моделлю і оригіналом і має за мету відтворення в моделі процесів, які властиві оригіналу. За результатом дослідження тих або інших фізичних властивостей моделі судять про явища, що відбуваються (або можуть відбуватися) в так званих «натурних умовах». На сьогодні фізичне моделювання широко використовується для розробки і експериментального вивчення різних споруд (загати електростанцій, зрошувальних систем, мостів тощо), машин (аеродинамічні якості літаків, наприклад, досліджуються на їх моделях, що обдуваються повітряним потоком в аеродинамічній трубі), для кращого розуміння природних явищ тощо.

Знакове (символічне) моделювання. Воно пов'язане з умовно-знаковим представленням якихось властивостей, відносно об'єкту-оригіналу. Особливим і дуже важливим різновидом символічного моделювання є математичне моделювання.

Математичні моделі – абстрактні математичні структури, в яких реальні предмети і конкретні зв'язки між ними замінені абстрактними об'єктами і математичними співвідношеннями.

Символічна мова математики дозволяє виражати властивості, сторони, відношення об'єктів і явищ найрізноманітнішої природи. Взаємозв'язки між різними величинами, що описують функціонування такого об'єкту чи явища, можуть бути представлені відповідними рівняннями (диференційними, інтегральними, інтеграло-диференційними, алгебраїчними) і їх системами.

Технічні, екологічні, економічні і інші системи, що вивчаються сучасною наукою не піддаються дослідженню в потрібній повноті і точності

звичайними теоретичними методами. Прямий натурний експеримент над ними потребує значних затрат часу і коштів, часто небезпечний, або навіть неможливий, оскільки багато з цих систем існують в «одиничному екземплярі». Ціна помилок і прорахунків при роботі з ними недопустимо висока. Тому математичне моделювання являється невід'ємною складовою науково-технічного прогресу.

Сама постановка питання про математичне моделювання якогось об'єкту породжує чіткий план дій. Його можна умовно розбити на три етапи: модель – алгоритм – програма.

На першому етапі вибирається або будується «еквівалент» об'єкту, що відображає в математичній формі найважливіші його властивості – закони, котрим він підпорядковується, зв'язки, притаманні складовим його частинам тощо. Математична модель (або її фрагменти) досліджуються теоретичними методами, що дозволяє отримати важливі попередні знання про об'єкт.

Другий етап – вибір (чи розробка) алгоритму для реалізації моделі на комп'ютері. Модель представляється в зручній для застосування числових методів формі, визначається послідовність обчислювальних і логічних операцій, котрі необхідно виконати, щоб знайти шукані величини з заданою точністю. Обчислювальні алгоритми повинні не спотворювати основні властивості моделі і, відповідно, вихідного об'єкта, бути економічними і здатними до адаптації до особливостей вирішуваних задач і використовуваних комп'ютерів.

На третьому етапі створюється програми, що «перекладають» модель та алгоритм на доступну для комп'ютера мову. До них також висувається вимога економічності та адаптивності. Їх можна назвати «електронним» еквівалентом досліджуваного об'єкту, уже приданого до безпосереднього випробування на «експериментальній установці» – комп'ютері.

Створивши тріаду «модель – алгоритм – програма», дослідник отримує в руки універсальний, гнучкий і недорогий інструмент, котрий на початку налаштовується, тестується в «пробних» обчислювальних експериментах. Після того, як адекватність (достатня відповідність) тріади вихідному об'єкту встановлена, з моделлю проводяться різноманітні і детальні «досліди», що дають всі необхідні якісні і кількісні властивості і характеристики об'єкту.

Процес моделювання супроводжується покращенням і уточненням по мірі необхідності всіх ланок тріади.

Звідси випливає, що числове моделювання на комп'ютері, ґрунтується на раніше дослідженій математичній моделі досліджуваного об'єкту або явища і застосовується у випадках великих обсягів обчислень, необхідних для вивчення даної моделі. В такому випадку комп'ютер разом з введеною в нього програмою представляє собою матеріальну систему, що реалізує числове моделювання досліджуваного об'єкта чи явища. Числове моделювання особливо важливе там, де не зовсім ясна фізична картина досліджуваного явища, не встановлений внутрішній механізм взаємодії елементів об'єкту.

Математичне моделювання – це по суті визначення властивостей і характеристик розглядуваного явища, процесу, шляхом вирішення як правило, за допомогою комп'ютера (як за допомогою мов програмування, так і з використанням спеціальних математичних чи професійних програмних пакетів) системи рівнянь, що описує цей процес (математичної моделі). При цьому дуже важливо скласти модель так, щоб вона достатньо точно відображала основні властивості розглядуваного процесу і той же час була доступною для дослідження. Однак слід відзначити: експеримент, будучи основою всякого дослідження, надає в той же час вихідні дані для математичного моделювання, тобто математичне моделювання по суті я одним з методів фізичного моделювання і складає з ним єдину систему дослідження.

Математичне моделювання особливо важливе там, де не зовсім ясна фізична картина досліджуваного явища, не визначений внутрішній механізм взаємодії і, відповідно, немає можливості описати лане явище узагальненим рівнянням. В процесі числового експерименту відбувається по суті уточнення фізичних передумов (моделі). Шляхом розрахунків на комп'ютері різних варіантів ведеться накопичення фактів, що дає можливість в кінці кінців провести відбір найбільш реальних і можливих ситуацій. Математичне моделювання дозволяє різко скоротити строки наукових і проектних розробок. Порівняно з натурним експериментом це зазвичай і дешевше і швидше.

Згідно Ю.Й. Дитнерського загальна схема процесу математичного моделювання (числового експерименту) в хімічній інженерії включає 8 послідовних етапів [36].

1. Постановка задачі. Постановка задачі визначає не лише мету, але і шляхи вирішення даної задачі. Це один з найважливіших етапів моделювання, оскільки не існує загальних правил, котрі можна було б використовувати в усіх випадках. Перед розробкою шляху вирішення задачі необхідно достатньо повно вияснити природу даної конкретної задачі. Чим глибше буде зрозуміла фізична суть явища, тим правильніше буде складена фізична модель досліджуваного процесу.

2. Аналіз теоретичних основ процесу (складання фізичної моделі процесу). На цій стадії необхідно вияснити, які фундаментальні закони лежать в основі даного процесу. Зазвичай теоретичні основи процесу досліджують по різних джерелам літератури – як опублікованим, так і неопублікованим. Якщо не вдається підібрати задовільну теорію, можна спробувати розробити гіпотези (постулати). Справедливість їх повинна бути перевірена шляхом порівняння результатів вирішення математичної моделі, побудованій на основі прийнятих постулатів, з експериментальними даними.

В деяких випадках для складання фізичної моделі процесу доцільно використовувати метод аналогії процесів з послідовною експериментальною перевіркою.

3. Створення математичної моделі процесу. На основі вибраної фізичної моделі стосовно вирішуваної задачі складають систему відповідних математичних рівнянь – математичну модель процесу. Побудова математичної моделі полягає в створенні формалізованого опису об'єкта дослідження на мові математики у вигляді деякої системи рівнянь і функціональних співвідношень між окремими параметрами моделі. Математична модель може містити як диференційні, так і скінченні рівняння, які не містять операторів диференціювання.

Розрізняють два види математичних моделей: детерміновані (аналітичні), побудовані на основі фізико-хімічної сутності, тобто механізму досліджуваних процесів, і статистичні (емпіричні) отримані у вигляді рівнянь регресії на основі обробки експериментальних даних. Очевидно, що фізико-хімічні детерміновані моделі більш універсальні мають більш широкий інтервал адекватності.

Фізико-хімічна детермінована модель складається з трьох груп рівнянь:

1) Рівняння балансів маси та енергії; ця група рівнянь дозволяє визначити потоки маси і теплоти, зміни фізико-хімічних властивостей системи (в'язкості, теплоємності тощо) в зв'язку зі зміною температури, тиску та складу.

2) Рівняння стану (фазові рівноваги тощо).

3) Кінетичних рівнянь; до цієї групи відносяться опис кінетики тепло- і масопоренесення, хімічної кінетики тощо.

На даному етапі слід розглянути можливість спрощення рівнянь шляхом нехтування деякими членами рівнянь, які мало змінюються в ході вирішення задачі. Іноді з цієї причини виключають з розгляду цілі рівняння. Наприклад, при складанні теплового балансу виявилось, що в заданому інтервалі температур і змін концентрації питома теплоємність суміші змінюється всього на 1-2% від номінального значення, чим можна в багатьох випадках знехтувати. Отже, перед тим, як включати рівняння в математичну модель процесу, слід оцінити вплив змінних, які входять до його складу, на кінцеві результати вирішення задачі і за можливістю заміти змінні, вплив яких слабкий, постійними середніми величинами.

4. Алгоритмізація математичної моделі. Наступним етапом є алгоритмізація розробленої математичної моделі і вибір методу її розв'язання. У випадку достатньо простих процесів система, що їх описує може бути вирішена аналітично. Коли ж математична модель представляє собою складну систему диференційних рівнянь, вибір ефективного алгоритму розв'язку набуває великого значення. При виборі методу розв'язку необхідно враховувати багато факторів: тип рівняння, що входять в систему математичного опису моделі (звичайні диференційні рівняння, диференційні рівняння в частинних похідних тощо), розмірність задачі тощо. Таким чином, на даному етапі слід вибирати загальний підхід до розв'язання задачі і визначити сукупність критеріїв, яким повинна задовольняти отримана система рівнянь моделі. Крім того, тут же необхідно провести аналіз задачі (математичний і фізичний), котрий повинен підтвердити існування і єдиність розв'язку.

Після того як складено повний математичний опис моделі, вибирають метод розв'язку, котрий представляється найбільш прийнятним, розробляють у всіх деталях у вигляді алгоритму. Після цього алгоритм потрібно викласти

на одній з мов програмування або реалізувати в спеціалізовано програмному пакеті (Mathcad, Matlab чи спеціалізовані САЕ-програми).

5. Параметрична ідентифікація моделі. Під параметрами математичної моделі розуміють коефіцієнти, котрі враховують ті чи інші особливості об'єкта – натури і характеризують властивості даної натури, що відрізняють її від інших об'єктів даного класу. Тому, чим більше параметрів входить в модель, тим точніше вдається описати і охарактеризувати дану природу. Однак багатопараметричні математичні моделі мають і суттєві недоліки: це перш за все складність обробки таких моделей і висока чутливість до експериментальних помилок. Може виникнути така ситуація, коли внаслідок недостатньо високої точності експерименту фізичний сенс моделі може бути втрачений, хоча модель в цілому буде давати достатньо точне співпадіння з експериментальними даними. Це відбувається тому, що помилки в величинах різних параметрів взаємно компенсуються. При цьому кількісне описання природи в певних інтервалах змінних залишається придатним, але фізичний сенс моделі спотворюється і параметри моделі набувають сенсу підгонних параметрів, призначення яких зводиться до приведення у відповідність експериментальних даних і даних моделі. Часто деякі параметри моделі невідомі і оцінити їх значення можна лише за допомогою додаткових експериментів, тобто в таких випадках необхідно провести параметричну ідентифікацію моделі.

Процедура параметричної ідентифікації моделі в достатньому ступені формалізована. Основні методи параметричної ідентифікації математичних моделей розглянуті в спеціалізованій літературі.

6. Перевірка адекватності математичної моделі. Об'єктивним критерієм якості моделі є їх адекватність або ступінь наближення даних, що прогножуються за моделлю, до експериментальних даних. Для перевірки адекватності математичної моделі реальному процесу необхідно порівняти спостережувані в ході експерименту величини з прогнозами моделі при певних параметрах процесу. Зазвичай ці порівняння здійснюються шляхом перевірки деякої статистичної гіпотези.

7. Моделювання процесу. Цей етап полягає у розв'язку на комп'ютері математичної моделі процесу при варіюванні параметрів процесу в діапазоні, що становить інтерес в даному дослідженні.

8. Аналіз отриманої інформації. Це завершальний етап вирішення задачі. Він зводиться до вивчення і перевірки результатів, отриманих при розв'язку математичної моделі. При цьому будь-якому неочікуваному заздалегідь розв'язку необхідно дати раціональне пояснення, щоб гарантувати себе від помилок, котрі можуть виникнути в результатів обчислень.

В кожному реальному процесі параметри в силу різних причин не залишаються постійними, при чому вони не можуть змінюватися в досить широкому діапазоні. Тому необхідно проводити аналіз функціонування змодельованого процесу при змін властивостей різних параметрів. Такий аналіз, як правило, має три основні цілі:

- 1) Дослідити поведінку моделі при варіюванні змінних параметрів.
- 2) Визначити, чи є дана модель працездатною при варіюванні змінних параметрів і, відповідно, визначити границі працездатності моделі.
- 3) Скоректувати модель з метою розширення діапазону її працездатності і покращення її експлуатаційних характеристик.

На основі проведеного аналізу приймають рішення – видати рекомендації для практичної реалізації або продовжити дослідження.

4.5.5 Методи теорії подібності

Багато процесів, в тому числі хімічної технології, відзначаються складністю і далеко не завжди можна одержати аналітичне та числове розв'язання системи рівнянь, що їх описують. Тому для одержання залежностей для інженерних розрахунків часто користуються методами теорії подібності, яка дозволяє поєднати теорію і експеримент і на цій основі одержувати рівняння для визначення усереднених значень фізичних величин. Так, наприклад, визначити потужність перемішування (потужності дисипації) в апараті ємнісного типу з мішалкою в кожній точці об'єму неможливо через складність швидкісного поля, але можна знайти усереднене значення цієї потужності для всього об'єму апарата, застосувавши методи теорії подібності.

Для складання диференціальних рівнянь розглядають елементарні об'єми, а тому ці рівняння описують класи фізичних явищ, у межах яких діють фізичні закони, застосовні для виведення рівнянь.

При цьому необхідно враховувати таке:

а) всіляке диференційне рівняння чи їх система описує загальний клас явищ з однаковим механізмом здійснення процесу;

б) приєднання до цих рівнянь додаткових умов однозначності виділяє з класу явесь одиничне явище;

в) складності аналітичного дослідження часто обходять застосуванням експериментального методу. Поширити результати одиничного на всі явища класу неможливо.

Тому в межах класу виділяється деяка група явищ, на кожне з яких можна поширити результати одиничного досліджу.

Узагальнення результатів одиничних дослідів можливо тому, що кожне одиничне явище має якісь загальні властивості, відображених в загальних рівняннях процесу. Ще більш чітко виражається виступає зв'язок досліджуваних явищ зі своєю групою. Виділення при експериментальному вивченні даного часткового явища такі загальні властивості, ми отримуємо можливість ув'язати часткові результати з загальними закономірностями. Для цього треба знайти таку форму обробки результатів досліджу, яка б відповідала основним рівнянням процесу.

Вказана задача в загальному випадку вирішується методами теорії подібності. Вона дозволяє використовувати сильні сторони обох методів дослідження – експериментального і аналітичного – для вивчення різних явищ. Теорію подібності визначають як вчення про методи наукового узагальнення даних одиничного досліджу.

Завдання теорії подібності полягає передусім у виокремленні групи подібних явищ, які мають однакові умови однозначності.

Подібними називають такі явища, для яких відношення схожих і таких, що їх характеризують, величин постійні. Так, наприклад, число π , що дорівнює відношенню довжини кола до його діаметра, постійне і від діаметра не залежить. За ламінарної течії ньютонівської рідини в трубах середня швидкість вдвічі менша, ніж швидкість у центрі труби і це відношення справедливе для всіх подібних випадків. Умови подібності явищ такі.

Геометрична подібність, згідно з якою геометричні розміри даного і подібного об'єму паралельні і їх відношення постійні. За наявності геометричної подібності всі точки в об'ємах переміщуються подібними траєкторіями і про-ходять геометрично подібні відстані.

Часова подібність потребує, щоб збіжні точки геометрично подібних об'ємів проходили геометрично подібні відстані за проміжки часу, відношення яких постійне.

За *фізичної подібності* відношення фізичних величин у схожих точках у збіжні моменти часу постійне. Фізична подібність містить також подібність полів фізичної величини.

Подібність умов однозначності означає подібність умов у початкову мить часу і на поверхнях, що обмежують певний об'єм. Ця подібність означає, що за початкових і межових умов виконується геометрична, часова і фізична подібності.

Однорідними величинами називаються величини, які мають однакову розмірність і однакову фізичну сутність. Відношення цих величин у збіжних точках ряду подібних об'ємів називають константою подібності. Так, наприклад, константами подібності є відношення максимальної швидкості до середньої у разі ламінарної течії в трубах, число π . Якщо схожі величини вимірювати у відносних (безрозмірних) одиницях у межах кожної подібної системи, то ці відношення будуть також постійними і безрозмірними. Такі відношення називають інваріантами подібності. Інваріанти подібності, складені для простих однорідних величин, називаються симплексами подібності, а відношення більш складних величин, наприклад сил інерції і сил в'язкості, – критеріями подібності. Отже, якщо, рівняння, що описують певне фізичне явище, подати в безрозмірному вигляді, тобто не у вигляді зв'язку між самими величинами, а у вигляді зв'язку між їх співвідношеннями, то такі рівняння описують всі подібні явища.

Таким чином, теорія подібності є, по суті, теорією експерименту і відповідає на три запитання: як спланувати експеримент, як обробити його результати і на які явища можна поширити одержані результати.

На перше запитання відповідає ***перша теорема подібності***: подібні явища мають однакові критерії подібності. Отже, в дослідях слід визначати ті величини, які входять у ці критерії.

На друге запитання відповідає ***друга теорема подібності***: залежність між змінними, що характеризують явище, може бути поданою у вигляді залежності між безрозмірними критеріями, складеними з тих же змінних. Отже, результати дослідів слід обробляти у вигляді критеріальних рівнянь.

I, нарешті, **третя теорема подібності** відповідає на третє запитання і формулюється так: подібними є ті явища, які описуються однаковими залежностями, мають подібні умови однозначності, а визначувані критерії, складені з умов однозначності, чисельно однакові.

Теорія подібності дозволяє одержати досить точні для інженерних розрахунків залежності за допомогою досліджень складних процесів на модельних установках, значно менших, ніж реальні апарати, із використанням модельних речовин. Недоліком методів теорії подібності є необхідність проведення значної кількості експериментів. Одержані узагальнені рівняння справедливі тільки в межах зміни величин, використовуваних для проведення експериментальних досліджень. Екстраполяція розрахункових залежностей може призвести до значних похибок.

4.5.6 Аналіз розмірностей

Розглянуті положення теорії подібності виходять з основної умови – наявності математичної залежності між змінними величинами, що характеризують досліджуване явище. Це дозволяє отримати і дослідити критерії подібності.

На практиці, однак, зустрічаються такі випадки, коли складність явища не дає можливість не лише розв'язати, але і скласти рівняння процесу. Між тим, експериментальне вивчення явищ дає фактичний матеріал, обробка якого дозволяє встановити найбільш раціональну форму залежності між змінними величинами, які обумовлюють процес. Така задача вирішується прийомом, що ґрунтується на аналізі розмірностей цих величин.

Цей прийом дозволяє отримувати залежності між змінними величинами, не звертаючись до складання чи вирішення рівнянь процесу. Для вирішення питання по цьому методу необхідно досконало точно вибрати всі величини, від яких залежить процес.

Неправильний вибір цих змінних величин приводить до неправильних висновків. Метод аналізу розмірностей надзвичайно привабливий за своїми можливостями, оскільки він дозволяє дослідити майже будь-яке явище без складання і вирішення його рівнянь. Однак в той же час цей метод ховає в собі небезпеку неправильних висновків, якщо попереднє вивчення фізичного процесу не дає повної і ясної картини про роль різних факторів.

Теорія подібності і аналіз розмірностей мають багато точок дотику. Їх об'єднує те, що вони вирішують одну і ту ж задачу, виходячи з різних відправних точок.

Теорію подібності можна застосувати лише в тому випадку, якщо окрім диференційних рівнянь процесу, сформульовані умови однозначності. Це дозволяє отримати критерії подібності, виділити з них визначальні і визначаючі, встановити критеріальний зв'язок між ними і виразивши її у вигляді функціональної залежності.

Аналіз розмірностей можна застосувати, маючи значно менший обсяг попередніх відомостей про явище. Достатньо знати, які саме величини суттєві в даному випадку і в якій системі одиниць вони виражені.

Спостереження фізичних явищ показує, що вони обумовлюють взаємодією різних величин.

Експеримент дозволяє отримати як якісну, так і кількісні сторони явища. Кількісне вивчення дає можливість дослідним шляхом встановити вплив тих чи інших факторів на вивчене явище.

Вираження даної фізичної величини через величини, покладені в основу певної системи одиниць, називають розмірністю цієї величини. Одна і та ж фізична величина може мати різну розмірність в різних системах одиниць.

Як вже зазначалося, якщо невідомо вихідне рівняння, що описує дане явище чи даний процес, то для формування критеріїв подібності можна використовувати *аналіз розмірностей* – вчення про методах раціональної побудови систем одиниць вимірювання. При цьому величини розділяють на первинні, числові значення яких встановлюють прямими вимірами, і вторинні, що визначаються як функції первинних. Вторинна величина, виражена через первинні, завжди представляє собою степеневий комплекс, записаний у вигляді формули розмірності, оскільки лише в такому випадку відношення однойменних величин не залежить від вибору одиниць. Ця умова співпадає з вимогою рівності розмірностей в лівій і правій частині отриманого рівняння. Формула розмірності якоїсь фізичної величини A має вигляд:

$$[A] = L^l \cdot M^m \cdot T^t$$

де $[A]$ – символ розмірності визначуваної (вторинної) фізичної величини; L, M, T – символи вимірів (первинних, основних) фізичних величин (відповідно довжини, маси, часу, тощо); l, m, t – цілі або дробові, додатні чи

від'ємні, числа, що називаються показниками розмірності, або розмірності, визначуваної величини A . Так формула розмірності для прискорення a записується у вигляді $[a]=LT^{-2}$, а для сили f – у вигляді $[f]=LMT^{-2}$ і таке інше.

Вибір числа первинних (основних) фізичних величин в принципі довільний, але практичні міркування приводять до деякого обмеження свободи у виборі цих величин та їх систем.

Якщо для досліджуваного процесу встановлено, які величини впливають на шукану (вторинну) величину, але вид зв'язку між ними невідомий, то можна скласти рівняння розмірностей, в якому в лівій частині буде стояти символ шуканої величини зі своїми показниками розмірності, а в правій – добуток символів величин, від яких шукана величина залежить, але з невідомими показниками розмірності. Задача знаходження зв'язку між фізичними величинами зводиться в цьому випадку до пошуку значень відповідних показників розмірності.

В основі методу аналізу розмірностей лежить ***π -теорема Бекінгема***: *число безрозмірних комплексів дорівнює числу всіх фізичних величин n , суттєвих для процесу, за виключення числа первинних величин m .*

Ця теорема зв'язує аналіз розмірностей з теорією подібності, оскільки при умові дотримання подібності безрозмірні комплекси, знайдені за допомогою π -теореми, є ні чим іншим, як критеріями подібності, тобто число критеріїв $k=n-m$.

Отже, з π -теореми випливає, що всіляке співвідношення між деяким числом n розмірних величин, що характеризують дане фізичне явище, можна представити у вигляді співвідношення між меншим числом безрозмірних комбінацій, складених з цих величин.

Метод аналізу розмірностей не універсальний. Він вимагає попереднього знання числа змінних, від яких залежить дане явище, проведення великого обсягу експериментів як для визначення числа змінних величин n , що впливають на дане явище, так і для встановлення конкретної степеневі залежності. Якщо не врахувати хоча б одну з величин, що суттєво впливає на досліджуваний процес по при отриманні конкретного розрахункового рівняння це може призвести до серйозної помилки. Тому метод аналізу розмірностей, на відміну від теорії подібності, має обмежене застосування.

5 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1 Загальна схема наукового дослідження

Весь хід наукового дослідження можна приблизно зобразити у вигляді такої логічної схеми.

- Обґрунтування актуальності обраної теми.
- Постановка мети і конкретних завдань дослідження.
- Визначення об'єкта і предмета дослідження.
- Вибір методів проведення дослідження.
- Проведення самого дослідження.
- Формулювання висновків і оцінка результатів.

Обґрунтування актуальності обраної теми – початковий етап будь-якого дослідження.

Актуальність (від лат. *actualis* – фактично існуючий – справжній, сучасний) – важливість, значущість чого-небудь на даний момент, сучасність, злободенність. Актуальність – це значущість, важливість досліджуваної проблеми в суспільному житті й обґрунтування причин, за якими обрана дана тема досліджень. Актуальність теми – ступінь її важливості в даний момент і у даній ситуації для вирішення даної проблеми (завдання, питання).

Актуальність – обов'язкова вимога до будь-якого наукового дослідження, тому її вступ повинен починатися з обґрунтування актуальності обраної теми. Те, як автор вміє вибрати тему й наскільки правильно він цю тему розуміє й оцінює з погляду сучасності і соціальної значущості, характеризує його наукову зрілість і професійну підготовленість. Головне – показати суть проблемної ситуації, з чого й буде видна актуальність теми.

Актуальність теми наукового дослідження є одним з основних критеріїв при його експертизі й означає, що поставлені в дослідженні з обраної теми завдання вимагають якнайшвидшого вирішення для практики або відповідної галузі науки. Актуальність теми розкривається як актуальність об'єкта дослідження й предмета дослідження.

Актуальність об'єкта дослідження не повинна викликати сумніву у фахівців і бути очевидною. У чому виражається очевидність? Вона полягає в тому, що фахівець дійсно усвідомлює наявність проблеми з теми роботи в

досліджуваній галузі знань даної сфери науки. Наприклад, неможливо на даному рівні розвитку теорії щось пояснити або неможливо на існуючій експериментальній базі в галузі щось виміряти з необхідною точністю, або дані експерименту не відповідають розумінню процесу, або дуже дорого обходиться виробництво даного продукту, істотно відстає якість при існуючій технології, не використовуються резерви, існує потреба в автоматизації тощо.

Актуальність теми наукового дослідження обґрунтовується в науковому й прикладному значеннях.

Актуальність у науковому аспекті означає, що:

- завдання фундаментальних наук вимагають розроблення даної теми для пояснення нових фактів;
- уточнення, розвиток і вирішення проблеми наукового дослідження можливі й гостро необхідні в сучасних умовах;
- теоретичні положення наукового дослідження дозволять зняти існуючі розбіжності в розумінні процесу або явища;
- гіпотези й закономірності, висунуті в науковому дослідженні, дозволяють узагальнити відомі раніше та отримані автором емпіричні дані, спрогнозувати перебіг явищ і процесів.

Актуальність теми у прикладному аспекті означає, що:

- завдання прикладних досліджень вимагають розроблення питань з даної теми;
- існує нагальна потреба вирішення завдань наукового дослідження для потреб суспільства, практики та виробництва;
- наукові дослідження з даної теми істотно підвищують якість розробок творчих і наукових колективів у певній галузі знань;
- нові знання, отримані в науковому дослідженні, сприяють підвищенню кваліфікації кадрів або можуть увійти в навчальні програми навчання студентів.

Висвітлення актуальності не повинно бути багатослівним. Достатньо кількома реченнями висловити головне – сутність проблеми, з чого й впливе актуальність теми. Проблема завжди виникає тоді, коли старе знання вже виявило свою неспроможність, а нове ще не набуло розвиненої форми. Отже, проблема в науці – це суперечлива ситуація, яка потребує вирішення. Така ситуація найчастіше виникає внаслідок відкриття нових фактів, які явно не

вкладаються в рамки існуючих теоретичних уявлень, тобто коли жодна з теорій не може пояснити нещодавно виявлені факти.

Правильна постановка та ясне формулювання нових проблем часом має не менше значення, ніж їх розв'язання. По суті саме вибір проблеми, якщо не цілком, то дуже великою мірою визначає як стратегію дослідження взагалі, так і напрямок наукового пошуку зокрема. Не випадково вважається, що сформулювати наукову проблему – означає показати вміння відокремити головне від другорядного, виявити те, що вже відомо і що поки що невідомо в науці з предмета дослідження.

Від доведення актуальності обраної теми логічно перейти до формулювання *мети дослідження*, а також вказати конкретні *завдання*, які мають бути вирішені відповідно до даної мети. Це зазвичай робиться у формі перерахування.

Формулювання названих завдань слід робити якомога ретельніше, оскільки опис їх вирішення становитиме зміст розділів чи етапів наукової праці. Це важливо також і тому, що наві таких розділів з'являються саме з формулювання завдань дослідження.

Надалі формулюються об'єкт і предмет дослідження. *Об'єкт* – це процес чи явище, що породжує проблемну ситуацію і обрані для вивчення. *Предмет* – це те, що міститься в межах об'єкта. Об'єкт і предмет дослідження як категорії наукового процесу співвідносяться між собою як загальне і часткове. В об'єкті виділяється його частина, яка і є предметом дослідження. Саме на нього і спрямована основна увага дослідника, саме предмет дослідження і визначає тему науково наукової роботи.

Дуже важливим етапом наукової праці є вибір *методів дослідження* – інструменту отримання фактичного матеріалу і необхідної умови досягнення поставленої в роботі мети.

Опис процесу дослідження – це основна частина наукової праці, що публікується чи захищається, де висвітлюється методика і техніка дослідження з використанням логічних законів і правил.

Дуже важливим етапом ходу наукового дослідження – *обговорення його результатів* з попередньою оцінкою теоретичної та практичної цінності наукової роботи, наприклад дисертації.

Завершальний етап наукового дослідження – **висновки**, котрі містять те нове і суттєве, що становить наукові і практичні результати виконаної наукової роботи.

Як впливає із викладеного, поняття «наукова робота» невід’ємна від поняття «науковий результат». **Науковий результат** – це знання, що відповідає вимогам новизни, достовірності і практичної цінності. Найкращою формою наукового результату є закон або закономірність.

В методичних рекомендаціях колишнього ВАК наведено приклади наукових результатів (тут викладені з незначним коректуванням, а саме введенням прикладів наукових результатів з галузі хімічної інженерії) [2]:

- зміна внутрішньої енергії системи дорівнює сумі енергії, що передається у формі теплоти та виконаної зовнішньої роботи (перший закон термодинаміки);
- парова фаза збагачується тим компонентом, додавання якого до системи викликає збільшення пружності пари над нею (тобто компонентом, що знижує температуру кипіння суміші). (перший закон Коновалова-Клапейрона);
- обсяг інформації, необхідний для управління виробничою системою, залежить від квадрату суми одиниць обладнання та кількості обслуговуючого персоналу цієї системи (постулат В.М. Глушкова);
- половина товарів, що обертається на ринку України, десять років тому покупцям була невідома;
- 20% людей випивають 80% пива (принцип 20/80);
- продуктивність праці будь-якого працівника залежить від його мотивації.

В методичних рекомендаціях колишнього ВАК наведений такий аналіз цієї інформації, при відмічалось, що твердження записані в порядку зменшення їх «якості» [2]:

Перші два (перший закон термодинаміки та закон Коновалова-Клапейрона) відповідають усім вимогам до наукового результату: колись вони були новим знанням, їхня актуальність була незаперечною, вони багаторазово перевірені експериментами, мають загальний характер, теоретичну та практичну цінність. Третє твердження, взяте з монографії В.М. Глушкова «Вступ до кібернетики», за формою має вигляд наукового результату, але на

думку деяких дослідників, не відповідає вимозі достовірності, бо виведене інтуїтивно, без багаторазової перевірки. Четверте твердження (щодо товарів) є науковим результатом, отриманим експериментально, (шляхом статистичної обробки даних). П'яте твердження (принцип 20/80) здається скоріше жартом, ніж науковим результатом, з огляду на його формулювання. Його більш точне формулювання: у будь-якій організації приблизно 20% факторів обумовлюють 80% ефекту. Наприклад у будь-якій організації приблизно 20% людей виконують 80% всієї роботи; 80% браку припадає на 20% деталей; у житті 80% неприємностей викликають приблизно 20% факторів тощо. Останнє твердження не може претендувати на науковий результат: у ньому йдеться про загальновідому тенденцію, немає конкретності, а тому й практичної цінності, термін «мотивація» сам потребує пояснення.

Наукові результати можна поділити на два види: теоретико-методологічні (для теоретичних досліджень), тому числі концепція, гіпотеза, класифікація, закон, метод; та інструментальні (для прикладних та емпіричних досліджень), зокрема: спосіб, технологія, методика, алгоритм, речовина.

5.2 Аналіз результатів досліджень. Формулювання висновків і пропозицій

Основою спільного аналізу теоретичних і експериментальних досліджень є зіставлення висунутої робочої гіпотези з достовірними даними спостережень та вимірювань.

Теоретичні і експериментальні дані порівнюють методом зіставлення відповідних графіків або числових даних. Критеріями порівняння можуть бути мінімальні, середні і максимальні відхилення експериментальних результатів від даних, встановлених на основі теоретичних залежностей. Можливе також обчислення середньоквадратичного відхилення і дисперсії. Проте найбільш достовірним слід вважати критерії адекватності (відповідності) теоретичних залежностей експериментальним. Критерії адекватності детально описані в спеціалізованій літературі з математичної статистики та теорії експерименту [32–34]. Крім того, існують програмні продукти для розрахунку цих величин.

В результаті теоретико-експериментального аналізу можуть виникнути три випадки:

1) встановлений повний або достатньо хороший збіг робочої гіпотези, теоретичних передумов з результатами досліджу. При цьому додатково групують одержаний матеріал так, щоб з нього витікали основні положення розробленої раніше гіпотези, внаслідок чого остання перетворюється на доведене теоретичне положення, в теорію;

2) експериментальні дані лише частково підтверджують положення робочої гіпотези і в тій або іншій частині суперечать їй. В цьому випадку робочу гіпотезу замінюють і переробляють так, щоб вона якнайповніше відповідала результатам експерименту. Найчастіше проводять додаткові коригуючі експерименти з метою підтвердити зміни робочої гіпотези, після чого вона також перетворюється на теорію;

3) робоча гіпотеза не підтверджується експериментом. Тоді її критично аналізують і повністю переглядають. Потім проводять нові експериментальні дослідження з урахуванням нової робочої гіпотези. Не результати наукової роботи, як правило, не є непотрібними, вони у багатьох випадках допомагають виробити правильні уявлення про об'єкти явища і процеси.

Після виконаного аналізу ухвалюють остаточне рішення, яке формулюють як висновки або пропозиції. Ця частина роботи вимагає високої кваліфікації, оскільки необхідно стисло, чітко, науково виділити нове і істотне, що є результатом дослідження, дати йому вичерпну оцінку і визначити шляхи подальших досліджень. Зазвичай по одній темі не рекомендується складати багато висновків (не більше 5–10 тверджень). Якщо ж крім основних висновків, що відповідають поставленій меті дослідження, можна зробити ще і інші, то їх формулюють окремо, щоб не затемнити конкретні відповіді на основну задачу наукової роботи.

5.3 Наукова інформація

Результати наукових досліджень поширюються у формі **наукової інформації**.

Науковий документ – матеріальний об'єкт, що містить науково-технічну документацію і призначений для її зберігання.

Залежно від способу представлення інформації розрізняють документи: текстові (книги, журнали), графічні (креслення, схеми, діаграми),

аудіовізуальні (звукозаписи, відеозаписи) та призначені для зчитування машинним способом (мікрофотоносії, електронні носії). Крім того, наукова інформація може бути первинною і вторинною.

Первинна інформація містить безпосередні результати наукових досліджень і розробок, нові наукові дані або нове бачення відомих ідей.

Вторинна інформація містить результати аналітичної і логічної переробки одного або декількох первинних документів.

Первинна наукова інформація (так само як і вторинна) ділиться на опубліковану (книги, журнали, збірники, підручники) і таку, що не публікується (деякі дисертація, наукові переклади, конструкторська документація).

В якості **первинної** наукової інформації можна навести такі документи:

- книга – неперіодичне текстове видання обсягом понад 48 сторінок;
- брошура – неперіодичне текстове видання обсягом від 4 до 48 сторінок;
- монографія – неперіодичне текстове видання, що містить всебічне дослідження одним або декількома авторами однієї проблеми чи теми;
- навчальні видання – неперіодичні видання, що містять систематизовані відомості наукового і прикладного характеру, викладено в формі, зручній для викладання і вивчення;
- наукові журнали, збірники наукових праць наукових організацій та ВНЗ – періодичні видання, що виходять через певний проміжок часу;
- стандарти, інструкції тощо – нормативно-технічна документація, що регламентує науково-технічний рівень і якість продукції, що випускається;
- патентна документація – сукупність документів, що містять відомості про винаходи, корисні моделі, знаки для товарів та послуг та інших видах промислової власності, а також відомості про захист прав винахідників.

В якості **вторинної** наукової інформації можна використати такі документи:

- довідкові видання – містять результати теоретичних узагальнень, різні величини і їх значення, матеріали виробничого характеру (довідники, словники);
- оглядові видання – містять концентровану інформацію, отриману в результаті відбору, систематизації і логічного узагальнення даних з великої

кількості першоджерел за певною темою за певний проміжок часу (аналітичні, реферативні, бібліографічні огляди);

- реферативні видання – містять скорочене викладення первинного документа чи його частини з основними фактичними відомостями і висновками (реферативні журнали, реферативні збірники);

- бібліографічні видання – містять бібліографічний опис наведених вище видань.

В сучасних умовах важливим джерелом наукової інформації є ресурси в мережі Internet. Сучасні пошукові системи дозволяють швидко знаходити потрібну інформацію, однак поряд з корисною інформацією знаходиться велика кількість реклами та інформації з недостовірних джерел. Для спрощення наукової інформації були створені спеціалізовані бази даних та реферативні ресурси, які доцільно розглянути детальніше.

ScienceDirect (www.sciencedirect.com). Веб-сайт, який забезпечує доступ до величезної бази даних з наукових і медичних досліджень. На ньому зберігається понад 12 мільйонів джерел з 3800 академічних журналів та 35000 книг. Журнали згруповані в чотири головні розділи: фізичні науки та інженерія, науки про життя, науки про здоров'я та соціальні і гуманітарні науки. Реферати всіх статей доступні безкоштовно, але доступ до їх повного тексту (найчастіше в форматі pdf) переважно вимагають підписки на сайт або оплати. Тим не менше, значна кількість матеріалів (декілька тисяч журнальних статей та розділів книг) наявна у відкритому доступі.

ScienceDirect керується англо-голландським видавництвом Elsevier з березня 1997 року.

Elsevier характеризує сайт як провідну платформу рецензованої наукової літератури. Бібліотеки університетів та наукових установ можуть замовляти доступ до ScienceDirect для їх співробітників і науковців.

Дослідники, викладачі, студенти, медичні працівники та спеціалісти з інформаційних технологій використовують ScienceDirect для покращення шляху їх пошуків, знаходження, читання, розуміння наукових досліджень, а також щоб поділитися власними результатами.

ScienceDirect поєднує авторитетні, повнотекстові наукові, технічні та медичні публікації зі зручною інтуїтивною функціональністю так, що

користувачі можуть залишатися інформованими в їх галузі та працювати більш ефективно.

На основі ScienceDirect функціонує реферативна база даних Scopus.

Scopus (www.scopus.com). Це найбільша база даних рефератів та цитувань рецензованої літератури: наукових журналів, книг та матеріалів конференцій. Надаючи вичерпний огляд світових досліджень, що випускається в галузі науки, технології, медицині і соціальних, гуманітарних та мистецьких науках, Scopus характеризується розумними інструментами для відслідковування, аналізу та візуалізації досліджень.

База даних містить близько 22 000 найменувань з понад 5 000 видавництв, з яких 20 000 рецензованих журналів в галузі науки, техніки, медицини та гуманітарних наук.

Scopus також пропонує профайлам авторів, які зареєстровані на сайті, велику кількість публікацій та їх бібліографічних даних, посилань та деталі значної кількості цитувань кожного опублікованого документа, який був надісланий. Він має засіб оповіщення, що дозволяє зареєстрованим користувачам відслідковувати зміни в профайлі та засоби розрахунку індексу Хірша (індексу цитувань).

Springer (www.springer.com). Це провідна глобальна наукова, технічна і медична платформа, яка забезпечує дослідників, наукові установи та кооперативні установи з досліджень та технічних розробок якісним контентом через інноваційну інформацію, продукти та послуги.

Springer має одні з найбільших колекцій електронних книг та архівів, а також вичерпну множину журналів з гібридним та відкритим доступом.

Springer є частиною Springer Nature, глобального видавництва, що служить і підтримує наукове співтовариство. Springer Nature має за мету просувати вперед відкриття шляхом публікації надійних і глибоких наукових результатів, підтримки нових галузей дослідження та роблячи ідеї та знання доступними по всьому світу.

База даних сайту включає понад 2 900 журналів та 200 000 книг.

Web of Science (<https://clarivate.com/products/web-of-science/>). Це мережевий сервіс, що забезпечує індексування цитувань наукової інформації. Він надає доступ до великої бази даних, що має посилання на міждисциплінарні дослідження, що дозволяє глибоке вивчення

спеціалізованих субдисциплінарних галузей в межах наукових чи академічних дисциплін.

Платформа Web of Science поєднує Web of Science Core Collection, що включає 18 000 журналів та 1,3 цитованих посилань на наукові роботи, з регіональними індексами цитувань, патентними даними, спеціалізованими тематичними індексами, та індексами дослідницьких наборів даних, що в цілому містить 33000 журналів.

Google Scholar (www.scholar.google.com.ua). Це вільна доступна пошукова система, яка індексує повний текст наукових публікацій всіх форматів і дисциплін. Дата виходу бета-версії — листопад 2004 року. Індекс Google Scholar включає в себе більшість рецензованих онлайн-журналів Європи та Америки найбільших наукових видавництв.

Google Scholar дозволяє користувачам здійснювати пошук цифрової або фізичної копії статей, онлайн або в бібліотеках. «Наукові» результати пошуку генеруються з використанням посилань з повнотекстових журнальних статей, технічних звітів, препринтів, дисертацій, книг та інших документів, у тому числі обраних веб-сторінок, які вважаються «науковими». Оскільки більшість наукових результатів пошуку Google це прямі посилання на комерційні журнальні статті, більшість користувачів зможуть тільки отримати доступ до короткої анотації статті, а також невелику кількість важливої інформації про статтю, і, можливо, доведеться заплатити за доступ до повної статті. Google Scholar так само легко використовувати як і звичайний веб-пошук Google, особливо за допомогою «Розширеного пошуку», який може автоматично звузити результати пошуку по конкретних журналах або статтях. Найбільш значущі результати пошуку за ключовими словами будуть перераховані по-перше, в порядку рейтингу автора, кількості посилань, які пов'язані з нею і їх ставлення до іншої наукової літератури, і також рейтингу публікацій журналу в якому вона надрукована.

Directory of Open Access Journals (DOAJ) (www.doaj.org). Ця платформа була запущена в 2003 році в Університеті Лунда, Швеція, із 300 журналами з відкритим доступом. На сьогодні це – міжнародний мультидисциплінарний каталог журналів відкритого доступу. Містить понад 10000 назв наукових журналів та метадані статей цих журналів. Каталог прагне охопити усі відкриті наукові журнали, що дотримуються загальних

принципів якості наукових видань, і тим самим сприяти їх поширенню, використанню та популяризації руху Відкритого доступу.

DOAJ існує за рахунок спонсорської підтримки і не залежить від жодних державних, чи приватних організацій. Будь-який відкритий рецензований журнал може бути доданий до каталогу за умови відповідності критеріям DOAJ.

Крім цих баз даних є велика кількість інших баз даних, як правило національних. Серед них особливої уваги заслуговує голландський ресурс **NARCIS** - National Academic Research and Collaborations Information System (www.narcis.nl). Каталог містить понад 1 400 000 публікацій, значна частина яких знаходиться у відкритому доступі. Суттєвою перевагою є наявність повних текстів дисертаційних робіт, виконаних в університетах Нідерландів. Також варто звернути увагу на базу даних, представлену на сайті **Лондонського королівського товариства** (<https://royalsociety.org>), де наявна значна кількість журналів, що публікуються організацією, в тому числі і у відкритому доступі.

В Україні подібна база даних міститься на сайті **Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського** (<http://www.nbuv.gov.ua>). В розділі «**Наукова періодика України**», де викладені дані щодо українських наукових періодичних видань. На сьогодні, база налічує 2573 журналів, 29159 випусків і 793299 повних текстів статей. Також на сайті бібліотеки наявна інформація про захищені дисертації. Також наукова і технічна інформація зберігається в базах даних **Українського інституту науково-технічної експертизи та інформації**, однак не до всіх з них є доступ з мережі.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В.И. Штанько. Философия и методология науки: Учебное пособие для аспирантов и магистрантов естественнонаучных и технических вузов. – Харьков: ХНУРЭ, 2002. – 292 с.
2. Як підготувати і захистити дисертацію на здобуття наукового ступеня. Методичні поради. 5-те видання, виправлене і доповнене / Автор-упорядник Л.А. Пономаренко, д.т.н., проф. – К. «Толока», 2011. – 79 с.
3. Основи наукових досліджень: Організація наукових досліджень: Конспект лекцій для студентів–магістрантів приладобудівного факультету / Уклад. Н.І. Бурау. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 33 с.
4. Колесников О. В. Основи наукових досліджень. 2-ге вид. випр.. та доп. Навч. посіб.– К.: Центр учбової літератури, 2011. – 144 с.
5. Соловйов С.М. Основи наукових досліджень. Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 176 с.
6. Цехмістрова Г.С. Основи наукових досліджень. Навчальний посібник. - Київ: Видавничий Дім «Слово», 2004. - 240 с.
7. Романчиков В.І. Основи наукових досліджень. Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 254 с.
8. Основи наукових досліджень: конспект лекцій / укладач Е. В. Колісніченко. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 83 с.
9. Лудченко А.А., Лудченко Я.А., Примак Т.А. Основы научных исследований: Учеб. пособие / Под ред. А.А. Лудченко. — 2-е изд., стер. — К.: О-во "Знания", КОО, 2001. — 113 с.
10. Пістунів І. М. Основи наукових досліджень. Конспект. Дніпропетровськ. 2007
11. Основы научных исследований: учеб. Пособие / В.Ю. Радоуцкий, В.Н. Шульженко, Е.А. Носатова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 133 с.
12. Т. Кун. Структура научных революций. С ввводной статьей и дополнениями 1969г. – М.: Прогресс, 1977.- 300с.
13. Hawking S. A Brief History of Time. – Bantam Books, 1988. – 256 p.
14. Рассел Б. История западной философии. – Санкт-Петербург: Азбука, 2001 — 956 с.
15. Рассел Б. Мудрость Запада. – М.: Республика. 1988. – 480 с.

16. Бесов Л.М. Історія науки і техніки. 3-є вид., переробл. І доп. Харків: НТУ "ХПІ", 2004. – 382 с.
17. Михайличенко О.В. Історія науки і техніки: Навчальний посібник / Михайличенко О.В. [Текст з іл.] – Суми: СумДПУ, 2013. – 346 с.
18. Історія науки і техніки: навч.-метод. посібник /Ольга Рупташ, Тетяна Радзіняк. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2011. – 176 с.
19. Азимов А. Царство Солнца. От Птолемея до Эйнштейна. – М.: Центрполиграф, 2004. – 220 с.
20. Азимов А. Египтяне. От древней цивилизации до наших дней. – М.: Центрполиграф, 2006. – 288 с.
21. Азимов А. Римская империя. Величие и падение Вечного города. – М.: Центрполиграф, 2003. – 352 с.
22. Азимов А. Ближний Восток. История десяти тысячелетий. – М.: Центрполиграф, 2004. – 331 с.
23. Азимов А. Краткая история биологии. От алхимии до генетики. – М.: Центрполиграф, 2014. – 224 с.
24. Азимов А. Краткая история химии. Развитие идей и представлений в химии от алхимии до ядерной бомбы. – СПб.: Амфора, 2000. – 272 с.
25. Азимов А. Темные века. Раннее Средневековье в хаосе войн. – М.: Центрполиграф, 2006. – 330 с.
26. Азимов А. История Англии. От ледникового периода до Великой хартии вольностей. – М.: Центрполиграф, 2007. – 320 с.
27. Сокал А., Брикмон Ж. Интеллектуальные уловки. Критика современной философии постмодерна. – М.: «Дом интеллектуальной книги», 2008. – 248 с.
28. Докинз Р. Капеллан дьявола. Размышления о надежде, лжи, науке и любви. – М.: Corpus, 2018 – 416 с.
29. Азимов А. Язык науки. – М.: Мир, 1985. – 280 с. ил.
30. Бэкон Ф. Новый Органон. – М.: Рипол классик, 2016. – 364.
31. Декарт Р. Міркування про метод, щоб правильно спрямовувати свій розум і відшукувати істину в науках. – К.: Тандем, 2011. – 101 с.
32. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. – М.: Мир, 1972. – 381 с.

33. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии. – К.: Вища Школа, 1976. – 184 с.
34. Ахназарова С.Л. Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 327 с.
35. Радченко Л.Б. Моделювання процесів хімічної технології: Навч. посібн. / Л.Б. Радченко, І.О. Мікульонок. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2005. – Ч.1: Теоретичні основи. – 126 с.: іл. – Бібліогр. с. 124–125.
36. Дытнерский Ю.Й. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн.: Часть 1. Теоретический основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. М.: Химия, 1995. – 400 с.: ил.
37. Luyben W.L. Process modelling, simulation for chemical engineers. – 2nd ed. McGraw-Hill Publishing Company, 1996.
38. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – 2-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2001. – 320 с.
39. Брайнес Я.М. Подобие и моделирование в химической и нефтехимической технологии. М. Гостоптехиздат 1961г. 220с.